مبادىء علم الطبقات

أ.د. فاروق صنع الله العمري



الطبعة الأولى

حزيران/يونيو/الصيف 2001 إفرنجي

رقم الإيداع المحلي 4677/ 1999
ردمك (رقم الإيداع الدولي) ISBN 9959-29-011-5
دار الكتب الوطنية/ بنغازي ـ ليبيا

تصميم الغلاف: نقوش

دار الكتاب الجديد

أوتوستراد شاتيلا ـ الطيونة، شارع هادي نصر الله ـ بناية فرحات وحجيج، طابق 5،
خليوي: 933989 ـ 03 ـ هاتف وفاكس: 542778 ـ 1 ـ 00961
بيروت ـ لبنان

توزيع **دار أويـا** للطباعة والنشر والتوزيع والتنمية الثقافية: زاوية الدهماني، السوق الأخضر، ص.ب: 13498،
هاتف: 4448750 ـ 4449903 ـ 3338571. 21 . 00218 ـ فاكس: 4442758 . 21 . 00218، طرابلس ـ الجماهيرية العظمى

بِسْمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحْمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

المقدمة

لقد توخينا في إعداد الكتاب أن تكون فصوله ومواضيعه متطابقة مع المفردات المقررة لمادة الطبقية لطلبة الصف الثالث في الجامعات العراقية.

أستندنا في فصوله على المصدر المعروف للمهتمين «Stratigraphy & Sedimentation» وركزنا على المواضيع ذات العلاقة بعلم الطبقات فقط واستبعدنا المواضيع ذات العلاقة بعلم الترسيب (Sedimentation) لا لعدم أهمية أو ترابط هذه المادة مع علم الطبقات ولكن لأن «مادة الترسيبية» مادة مقررة تدرس كموضوع مستقل وذلك لأهميته... ومع ذلك فإن بعض الإشارات إلى موضوع الترسيبية لم يكن بالإمكان تجنبها حيثما كانت هناك ضرورة لتوضيح موضوع ذي علاقة بعلم الطبقات.

كما تطرقنا إلى مواضيع ذات علاقة بفروع أخرى في علم الأرض كالعمل الحقلي أو السجلات الكهربائية وهو ما وجدناه أساسياً لتقريب مادة الطبقية من ذهن الطالب كما أنه سيتناول هذه المواضيع أيضاً في مقررات دراسية أخرى منفصلة.

أما النشريات الرئيسية الأخرى التي استندنا إليها فهي الأعداد التي صدرت من «اللجنة الفرعية العالمية للتسمية الطباقية» International Subcommission on Stratigraphic Nomenclature والتي تختصر إلى (ISSN) تناولت أصناف

الوحدات الطباقية وهي مدونة في نهاية الكتاب ضمن المصادر المعتمدة وهذه التقارير نعتقد بأنها ضرورية للطلاب والباحثين المهتمين بعلم الطبقات ولأنها لا توجد بالتفصيل الذي دوناه هنا في أي كتاب عربي آخر.

اقتبسنا عدداً من الأشكال الضرورية من مصادر متعددة ودونا في متن الكتاب المصطلحات الأجنبية التي وردت في تلك الأشكال وما يقابلها من مصطلح عربي وخاصة أن بعض تلك الأشكال سيواجهها الطالب في حياته العلمية باللغة الأجنبية التي أبقيناها هنا ومثلها سجلات الآبار (Well Logs) حيث لا توجد أجهزة تسجيل للآبار باللغة العربية.

المؤلف

الفصل الأول

العمود الطباقي

علم الطبقات (Stratigraphy)

هو ذلك الفرع من علوم الأرض الذي يهتم بدراسة الصخور المطبقة (Stratified rocks). أي تلك التي بشكل طبقات. وتدرس تلك الصخور من ناحية طريقة تكونها (بما فيها بيئة الترسيب) وتوزعها الجغرافي (الأفقي). والزمني (العمودي) وتعاقبها وعمرها ومضاهاتها الواحدة بالأخرى (Correlation). إضافة إلى تقسيمها إلى وحدات طباقية.

واصل العبارة (Stratigraphy) لاتيني وجذور مقاطعها هو: المقطع Stratum باللاتينية وتعني طبقة والمقطع Graphia اغريقية وتعني الكتابة. وحين مجيء المقطع graphia ـ مع كلمة تسبقها فإنها تعني «علم وصف» لذا فإن المعنى الحرفي لكلمة Stratigraphy هو: الكتابة عن الطبقات أو علم وصف الطبقات إلا اننا نجد أن من المفضل تعريبها إلى: علم الطبقات. لأن علم وصف الطبقات يمثل جزءاً من هذا العلم كما بينا في المقدمة عند تعريفنا لهذا العلم.

لما كانت أسس ومبادىء هذا العلم تطبق على الصخور التي بشكل طبقات فإن الصخور الرسوبية (Sedimentary rocks) هي المادة الأساسية لتطبيقات هذا العلم. ولكن من الممكن أن تستخدم مبادىء العلم وتطبيقاته على أي نوع آخر من الصخور من غير الصخور الرسوبية، كالصخور النارية (Igneous rocks)

والصخور المتحولة (Metamorphic roks). فبعض الصخور النارية كالغبار البركاني (Volcanic ash) مثلاً والصخور النارية المتدفقة على السطح (اللابا) (Lava flow). تكون بشكل طبقات.

إن بعض الصخور المتحولة أيضاً تبقى فيها الصفات الطباقية الأصلية واضحة نتيجة لاحتفاظها بالتطبيق حتى بعد عملية التحول.

وبالرغم من وجود بعض الصخور النارية المتحولة بشكل طبقات فإن الصخور الرسوبية تبقى هي المحور الأساسي لدراسة علم الطبقات... إن اعتماد علم الطبقات على علم الترسيب (Sedimentation) يعد وثيقاً ومن طريقة الدراسة التي سنوضحها يتبين ذلك: ـ

أولاً: إن دراسة الصخور الرسوبية يكون بدراسة الصفة الصخرية (Lithology). ثم المكونات الصخرية (Composition). ثم علاقة هذه المكونات الواحدة بالأخرى وهو ما نسميه دراسة النسيج (Texture) ثم دراسة تركيبها ويطلق على هذه الدراسة اسم (Petrography). ومن ثم تحديد أسلوب (طريقة) وبيئة تكوينها.

ثانياً: دراسة طريقة نقل وترسيب تلك الصخور والأدلة على الفترة الزمنية التي تعرضت لها الصخور قبل النقل والعوامل التي قد أثرت أثناء وبعد عملية الترسيب.

ثالثاً: دراسة الطبقات الصخرية الناتجة من عملية الترسيب وما تحمله تلك الصخور من دلائل (فيزيائية وحياتية) على البيئة والعمر... ثم إجراء المضاهاة (Correlation) بين الصخور والمقاطع المتعددة لمعرفة مدى الترابط في الأحداث الجيولوجية.

فعمليات النقل والترسيب إضافة إلى تأثير العوامل الكيميائية والحياتية تكون بالنهاية مادة علم الطبقات.. ونعني بها الصخور الرسوبية.

يأتي علم الأحافير (Paleontology) بعد علم الترسيب في أهميته لعلم الطبقات. فالمتحجرات (Fossils)[1] تعطي أدلة هامة للباحث في معرفة بيئة الترسيب والعمر النسبي للصخور.

---

(1) إن الكلمة «Fossilis» مشتقة من الكلمة اللاتينية «Fossilos» وكانت قد استخدمت لتشير إلى =

فالسجل الطباقي هو بصورة رئيسية نتيجة لعمليات الترسيب لفترة جيولوجية طويلة وللأحياء التي كانت في تلك المنطقة. وفي دراسة علم الطبقات تظهر بشكل واضح أهمية فرضية «مبدأ الوتيرة الواحدة» (Uniformitarianism) المنسوبة إلى العالم الأنكليزي هتن (Hutton).

فنحن نستخدم كل ما يتيسر أمامنا في الوقت الحاضر من طرق متباينة في الترسيب ودراسة الأحياء الحالية ونمط معيشتها وبيئتها، لنحلل الأحداث التي وقعت قبل ملايين السنين في منطقة ما تكون قيد البحث والدراسة لتقدير الأحداث الجيولوجية الماضية.

بالإضافة إلى ما ذكرناه عن أهمية الصخور الرسوبية لعلم الطبقات في تحليل الماضي الجيولوجي فإن أهمية الصخور الرسوبية تكمن في أنها الصخور التي تحوي على نسبة عالية من مصادر الطاقة، كالنفط والفحم والمعادن (كالفوسفات والكبريت) إضافة إلى وجود خامات المعادن المهمة للطاقة النووية كاليورانيوم... وللصخور الرسوبية أهمية اقتصادية أخرى فمعظم مواد البناء إما أنها ذات أصل رسوبي أو ان صناعتها تعتمد على الصخور الرسوبية، كالحجر الجيري والحصى والرمل والأسمنت... كما أن الصخور الرسوبية ـ في العراق خاصة ـ هي المكمن (الخزان) الأساس للمياه الجوفية، تلك المياه التي تعتبر المصدر الوحيد للشرب والري لبعض المناطق النائية الخالية من أية مصادر أخرى للمياه.

ولو حاولنا أن نلخص ما يشتمل عليه علم الطبقات لقلنا إنه يضم جزئين رئيسيين من العلوم، الأول يتعلق بدراسة الطبقات من الناحية الفيزيائية (Physical Stratigraphy) ويشتمل على دراسة المكونات الصخرية، والثاني يتعلق بدراسة

= كل ما يستخرج من باطن الأرض من صخور بما فيها الأحياء التي تحجرت أو المعادن... ثم انحصر مفهوم الكلمة للدلالة على الأحياء المتحجرة فقط... وقد استخدمت في الأقطار العربية عدة كلمات عربية مقابل كلمة «Fossil» منها أحفورة، مستحاثة، متحجر... وفي العراق فإن الكلمة الدارجة الاستعمال هي المتحجر رغم أن أحفورة هي أقرب إلى الكلمة اللاتينية الأصلية Fossilis.

الجوانب الحياتية. (البيولوجية) للطبقات (Biostratigraphy) وهو يشتمل على دراسة الجوانب العلمية المتعددة للأحياء القديمة نشأتها، تطورها، بيئتها وما خلفته من سجلات في الصخور بشكل أحافير، وهي تفيد في الدراسة الطباقية.

نبذة تاريخية

إن النتائج العلمية المتقدمة بدأت بملاحظات وآراء أولية وتراكمت تلك الملاحظات العلمية شيئاً فشيئاً حتى كونت هذا الرصيد الهائل من المعرفة الإنسانية. . . وعلم الطبقات ـ كغيره من العلوم ـ بدأ شذرات علمية أو مبادىء أبداها الفلاسفة قبل أن يكون هناك علم يسمى بعلم الجيولوجيا. وسنستعرض بعض أهم تلك الملاحظات ذات العلاقة بعلم الترسيب وعلم الطبقات.

وسنبدأ بمراجعة المساهمات التاريخية بالبابليين والمصريين وننتهي بعصر النهضة.

البابليون (من حوالي 2700 إلى 538 ق.م):

اعتبروا منشأ العالم (الأرض) من الماء فمن أول القصيدة البابلية المسماة «قصيدة الخلق» ننقل النص التالي[1]:

«في البدء قبل أن تسمى السماء وقبل أن يعرف للأرض اسم كان المحيط وكان البحر».

كما أوردت الأساطير المصرية نصاً يشير إلى أن الماء (المحيط) هو أصل العالم[2].

«في البدء كان المحيط المظلم أو الماء الأول حيث كان (أتون) الإله الأول صانع الآلهة والبشر والأشياء».

---

(1) الدكتور محمد بيصار. الفلسفة اليونانية. ص 47.

(2) الدكتور محمد بيصار. الفلسفة اليونانية. ص 47.

وورد في العهد القديم[1]:

«في البدء خلق الله السموات والأرض وكانت الأرض خاوية خالية وعلى وجه الغَمْر ظلام، وروح الله يَرِفُّ على وجه المياه».

الإغريق

زينوفانس (Xenophanes of Colophon):

الذي عاش بحدود 600 سنة ق.م. لاحظ على المناطق الجبلية البعيدة جداً من البحار أصداف المحار وهي تماثل المحار الذي يعيش قرب ساحل البحر.. كما أشار بأن البحر كان قد غطى جزءاً من الأرض التي تكون جزيرة مالطة، واستنتج من ذلك أن الأرض تعرضت إلى التغطية بمياه البحر بشكل دوري.

زانثوس (Xenthus) وهيرودوتس (Herodotus):

رحالان عاشا قبل عام 400 ق.م. مباشرة. وصفا أصدافاً مدفونة في صخور بعيدة عن البحر تماثل القواقع والمحار الحالية واستنتجا أن البحر قد امتد مرة ليغطي المناطق التي وجدت بها الأصداف في الصخور وأن موقع ساحل البحر في تغير مستمر. كما إن هيرودوتس هو صاحب الفكرة بأن دلتا النيل الحالية كانت قبل فترة تحت سطح البحر وأنها امتلأت بالترسبات من النيل.

كما إن هيرودوتس أبدى ملاحظته عن حقيقة كون تربة مصر الخصبة قد نتجت من الفيضانات المتعاقبة لنهر النيل.

أرسطو (Aristotle) (384 ـ 322 ق.م.):

لقد استنتج من ملاحظاته ـ كما فعل الطبيعيون من قبله ـ للظواهر الطبيعية أن العوامل الطبيعية واحدة وأن المواقع الحالية للأرض والبحر ليست دائمية (ثابتة) بل إن بعض الأراضي كانت مغطاة بالبحر في وقت من الأوقات.

---

(1) العهد القديم، سفر التكوين ـ الاصحاح الأول. ص 3.

إن أرسطو وأستاذه أفلاطون (Plato) لم يكونا معزولين في معابدهم العلمية بل إن كليهما كان له اهتمامات تجارية أيضاً. فأفلاطون باع النفط في مصر وأرسطو كان يقوم بما يمكن أن نسميه تجارة الأدوية.

الرومان

إن العديد من العلماء الطبيعيين الرومان تأثروا بالاغريق ومنهم: لوكريتيس (Lucretius) (98 ـ 55 ق.م.) وبليني الجد (Pliny the Elder) (23 ـ 79م) ووصلوا إلى النتائج نفسها كما فعل أرسطو والمفكرين الأغريق الآخرين حول المواقع السابقة للأرض والبحر والتغير فيما بينهما وكذلك تأثير العوامل الطبيعية بصورة عامة ووحدة هذه العوامل لفترة طويلة.

العصور المظلمة والوسطى

العصور المظلمة هي الفترة التي امتدت منذ سقوط الامبراطورية الرومانية حوالي 500م وحتى عام 1100م... والعصور الوسطى هي الفترة التي امتدت من 1100م وحتى عام 1250م.

لا توجد ملاحظات جيولوجية خلال هذه الفترة ذات علاقة بعلم الطبقات ومعظم الآراء التي كانت سائدة يشوبها الكثير من الخيال وتتسم بطابع غير علمي.

العرب والمسلمون

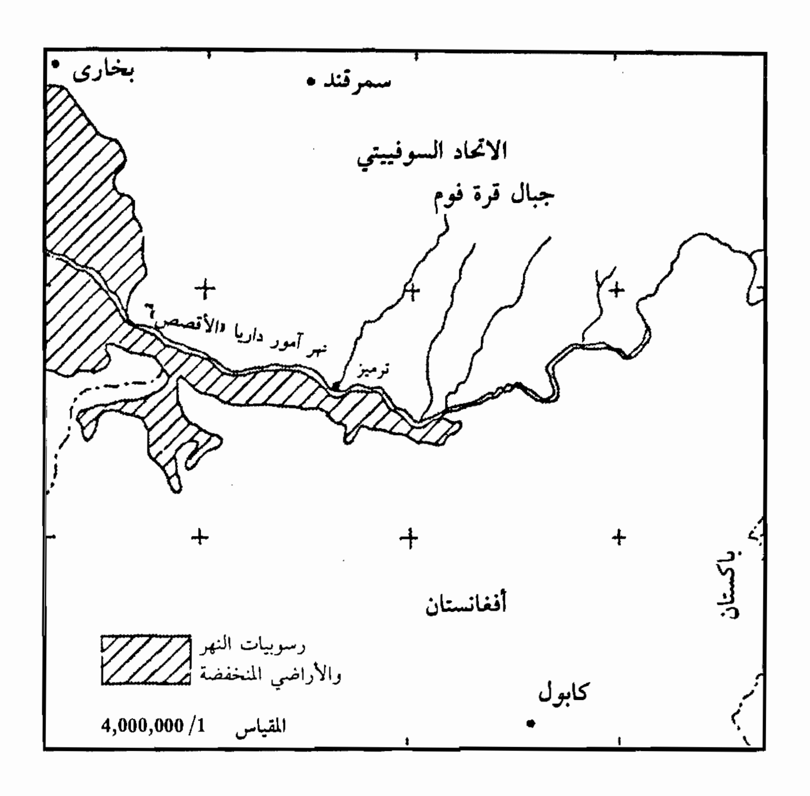
خلال الفترة التي كانت فيها أوروبا تعيش تحت تأثير الجهل والتخلف في العصور المظلمة والوسطى... كانت الحضارة العربية والإسلامية في أوج تقدمها. وهناك العديد ممن لهم مساهمات في مختلف جوانب المعرفة والعلوم وسوف نتطرق إلى من لهم مساهمات في علم الطبقات حسب.

ابن سينا (Avicenna):

هو (أبو علي) الحسين بن عبد الله بن الحسين بن علي بن سينا وسمي في

الكتب الأجنبية (Avicenna) والده من بلخ ـ كانت القصبة السياسية لولاية خراسان.

ولد ابن سينا عام 950 (أو 980)[1] في قرية خرمثين في بخارى (لاحظ الشكل 1) وتوفي عام 1036م (أو 1037م).



شكل (1 ـ 1)

خريطة توضيحية لموقع بخارى أو نهر آمور داريا (الأقصص) أو نهر جيحون سابقاً. الذي يجري بسلاسل الجبال في شمال أفغانستان وجنوب الاتحاد السوفياتي.

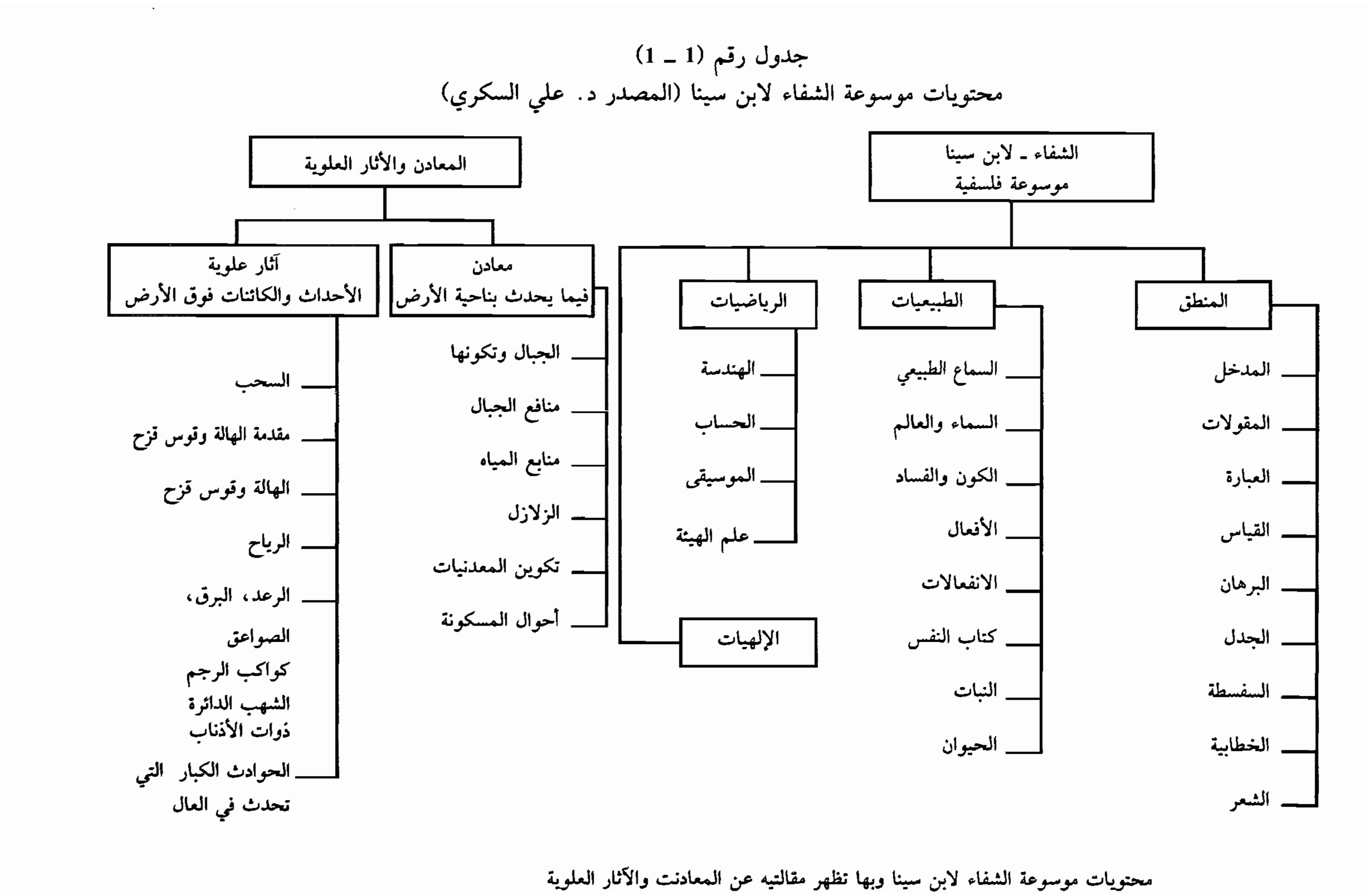
(المصدر. منعم مفلح الراوي)(*)

(1) إن تاريخ ولادة ابن سينا ووفاته غير متفق عليه.

(*) منعم مفلح الراوي. المعادن والآثار العلوية لابن سينا وعلاقتها بأسس الجيولوجيا الحديثة. بحث قدم إلى الندوة العالمية لتاريخ العلوم عند العرب المنعقدة في جامعة حلب بين 5 ـ 12 نيسان / 1979. ص 14.

جدول رقم (1 ـ 1)

محتويات موسوعة الشفاء لابن سينا (المصدر د. علي السكري)



محتويات موسوعة الشفاء لابن سينا وبها تظهر مقالتيه عن المعادنت والآثار العلوية

وقد اشتهر بالطب ألف فيه كتاباً اسمه (القانون) الذي يعد عمدة الأطباء وقد طبع باللاتينية ست عشرة مرة في الثلث الأخير من القرن الخامس عشر وعشرين مرة في القرن السادس عشر. وهذا الكتاب هو أحد الكتب السبعة عشرة التي ألفها ابن سينا في الطب.

لقد بلغ مجموع ما ألفه من كتب أكثر من 160 كتاباً، وإضافة إلى الطب فقد كتب في الفلسفة والقانون والجغرافيا والجيولوجيا ونظم الشعر.

وردت آراء ابن سينا في الجيولوجيا في الفصل الخامس من كتابه «الشفاء» تحت باب «المعادن والآثار العلوية» (لاحظ الجدول رقم 1) ولن نتطرق في كتابنا هذا إلى آراء ابن سينا في مختلف المواضيع الجيولوجية التي وردت في كتاباته بل سنحصر تعليقاتنا على ما كتبه في مواضيع ذات علاقة بعلم الطبقات.

يقول ابن سينا[1]: ـ

«يجوز أن ينكشف البر عن البحر وكل بعد طبقة. وقد يرى بعض الجبال كأنه منضود سافا فسافا. فيشبه أن يكون ذلك قد كانت طينتها في وقت ما كذلك سافا فسافا، بأن كان ساف ارتكم أولاً».

ثم حدث بعده في مدة أخرى ساف آخر فارتكم. وكان قد سال على كل ساف جسم من خلاف جوهره فصار حائلاً بينه وبين الساف الآخر. فلما تحجرت المادة عرض للحائل أن انشق وانتشر عما بين السافين. وان حائلاً من أرض البحر قد تكون طينته رسوبية، وقد تكون طينته قديمة ليست رسوبية ويشبه أن يكون ما يعرض له انفصال الأرهاص[2] من الجبال رسوبياً[3].

(1) علي علي السكري. 1973. العرب وعلوم الأرض، ص 19.
(2) إذا كانت من راهصة فهي الحجارة أو الصخرة وإذا كانت من الرهص فهو الطين.
(3) الدكتور علي علي السكري. العرب وعلوم الأرض. ص 19 ـ ص 20.

البيروني:

هو محمد بن أحمد البيروني الخوارزمي ولد في خوارزم سنة 362هـ وتوفي في غزنة سنة 440هـ (1048م).

درس البيروني الرياضيات والطب والفلك والتاريخ وكانت له علاقة علمية مع ابن سينا عن طريق المراسلات وله مؤلفات كثيرة في مختلف العلوم وله مؤلف مشهور بعلم المعادن هو كتاب «الجماهر في الجواهر» وسمي أحياناً «الجماهر في معرفة الجواهر». وقد استخدم المنهج التجريبي في دراسة المعادن فقد أوجد الوزن النوعي لثمانية عشر حجراً وفلزاً والنتائج التي حصل عليها في حينه مقاربة جداً وأحياناً مطابقة للقيم الصحيحة للأوزان النوعية لهذه المعادن والتي حسبت بواسطة أجهزة حساسة ودقيقة في الوقت الحاضر.

(لاحظ الجدولين 1 ـ 2، 1 ـ 3)

جدول (1 ـ 2)

قيم البيروني للوزن النوعي لبعض المعادن مقارنة بالقيم الحالية.

قيم البيروني للثقل النوعي

المعدن	منسوبة إلى الذهب على أساس الوزن النوعي للذهب = 100	منسوبة إلى الماء على أساس الوزن النوعي للماء = 1	القيم الصحيحة للثقل النوعي منسوبة إلى الماء
الذهب	100	19	19,3 ـ 19,258
الزئبق	71	13,49	13,557
الرصاص	60,125	11,437	11,445 ـ 11,389
الفضة	54,625	10,377	10,474 ـ 10,428
الصفر	46,625	8,859	8,92 ـ 8,60
توتياء النحاس	44,875	8,526	
الحديد	41,72	7,92	7,79 ـ 7,6
القصدير	37,63	7,15	7,291

جدول (1 ـ 3)

قيم البيروني لبعض الأحجار الكريمة وأحجار أخرى مقارنة بالقيم الحالية

قيم البيروني للثقل النوعي

أنواع الحجر الكريم	منسوبة إلى الياقوت على أساس الوزن النوعي للياقوت = 100	منسوبة إلى الماء على أساس الوزن النوعي للماء = 1	القيم الصحيحة للثقل النوعي منسوبة إلى الماء
الياقوت الأحمر	97,125	4,01	4,4 ـ 3,99
	90,458	3,73	
المزمرد أو الزبرجد	69,5	2,86	2,175 ـ 2,687
الياقوت الأزرق (لازورد)	67,81	2,8	حوالي 3
اللؤلؤ	65,58	2,7	2,684 ـ 2,65
المرجان أو العقيق	64,75	2,67	2,7 ـ 2,5
المرجان اللامع	64,54	2,66	2,6
زجاج سوريا	63,125	2,6	للزجاج عموماً
	62,79	2,59	3,45 ـ 2,5
البلور الصخري أو الصوان الشفاف المبلور (الكوارتز)	62,6	2,58	2,58

وللبيروني كتاب بعنوان «كتاب الهند» تطرق فيه إلى سهل بلاد السند وأشار إلى أنه كان حوضاً بحرياً قديماً ترسبت فيه المواد من البحر وتحول بالنهاية إلى سهل. . .

كما تطرق إلى توزيع اليابسة والمياه والعلاقة بينهما فقال: ـ

«لا ينتقل البحر إلى البر والبر إلى البحر في أزمنة إن كانت قبل كون الناس في العالم فغير معلومة وإن كانت بعده فغير محفوظة، لأن الأخبار تنقطع إذا طال عليها الأمد وخاصة في الأشياء الكائنة جزءاً بعد جزء بحيث لا تفطن لها إلا الخواص. فهذه بادية العرب وقد كانت بحراً فانكبس حتى إن آثار ذلك ظاهرة

عند حفر الآبار والحياض بها فإنها تبدي أطباقاً من تراب ورمال ورضراض ثم فيها من الخزف والزجاج والعظام ما يمتنع أن يحمل على دفن قاصر إياها هناك بل يخرج منها أحجار إذا كسرت كانت مشتملة على أصداف وودع وما يسمى آذان السمك إما باقية على حالها وإما بالية قد تلاشت وبقي مكانها خلاء متشكلاً بشكلها».

والبيروني في نصه السابق يعد أول من أشار إلى واحدة من طرق تكون آثار الأحافير في الصخور وهو ما سمي بعد ذلك من قبل علماء المتحجرات باسم القالب (Mold) وما ذكره عن طريقة تكونها بقوله... واما بالية قد تلاشت وبقي مكانها خلاء متشكلاً بشكلها» تعد توضيحاً علمياً صحيحاً لأول مرة في تاريخ علوم الأرض... إضافة إلى ذلك فقد أبدى ملاحظة علمية صحيحة عن تكون الرواسب طبقة فوق أخرى.

في حين استمر الفلاسفة في أوروبا في القرون الوسطى يعتقدون أن وجود الأحافير وآثارها في الصخور هي إما من عمل الشيطان أو أحد المظاهر الخارقة للطبيعة والتي صعب عليهم تفسيرها.

عصر النهضة

تباينت الفترات التي حددت انتهاء العصور الوسطى عند المؤرخين فالبعض اعتبر الفترة التي انعقد فيها برلمان الاصلاح في إنكلترا عام 1529م وآخرون اعتبروا عام 1543م تمثل نهاية العصور الوسطى وذلك بظهور انجازين علميين كبيرين هما عمل فيزاليوس وكوبرينكوس[1] كما يمكن أن يعتبر بدء شروق العلوم الجيولوجية الحديثة أوروبا بنشر عمل أكريكولا (Agricola)[2] المعنون «De Nature Fossilium» في عام 1546م ويعتبر مؤسس علم المعادن.

---

(1) كوبرنيكوس (Copernicus) (1473م ـ 1543م) اشتهر بنظريته القائلة إن الشمس مركز الكون وليست الأرض.

(2) اسمه الأصلي جورج باور (George Bauer) (1494م ـ 1555م).

بدأ ازدهار الآداب والفنون في أوروبا قبل ازدهار العلوم، وفي عام 1450م تم اختراع الطباعة التي ساعدت على نشر المعرفة... وقد اعتبر أول بحث للعلوم بظهور دانتي (Danty) وفرانسيس (Francis of Hisis) وروجر بيكون (Roger Bacon) والبرتس ماجنس (Albertus Magnus) وماركو بولو.

ومن الذين برزوا بعد تلك الفترة ليوناردو دافنشي (Leonardo davinci) (1452م - 1519م).

لقد تطورت الملاحظات والتجارب العلمية حتى جاء اختراع المجهر (الميكرسكوب) الذي أوضح التفصيلات التركيبية الدقيقة للمادة، ومن بعده المجهر الإلكتروني الماسح (Scanning Electron Microscope) ذو القوة التكبيرية الهائلة... كما تعددت اتجاهات البحث من سطح الأرض إلى باطن الأرض وأعماق البحار وقيعانها... وأخيراً مرحلة اختراق الفضاء الخارجي بواسطة الصواريخ والأقمار الصناعية ورحلات الإنسان فيها...

وسنتطرق في هذا الفصل إلى مساهمات العلماء في المجالات التالية:

علاقة الأرض بالمياه وترسب الصخور ثم مساهمات أبرز العلماء في علم المتحجرات لعلاقة هذا الموضوع بالوحدات الطباقية الحياتية.

ثم نستعرض بشيء من التفصيل المراحل التي مرت بتنظيم العمود الطباقي الجيولوجي.

ليوناردو دافنشي (Leonardo davinci) (1452م - 1519م).

كان دافنشي ذا عبقرية متعددة الجوانب وأبرز ما اتسمت به عبقريته فن الرسم، النحت... إلا أنه اهتم أيضاً بملاحظة العوامل الطبيعية والعلاقات بينها واستخدام هذه الملاحظات لكي يحلل معاني الظواهر ذات العلاقة بالحوادث الماضية. فقد ذكر على سبيل المثال أنّ الأصداف البحرية التي تلاحظ في الصخور في جبال الأبنين (Apennines) في إيطاليا تعود إلى حيوانات عاشت في البحر الذي غطى مرة تلك المناطق... كما ذكر أنَّ أطيان النهر من أراضي الالب

قد نقلت إلى البحر وملأت أصداف الحيوانات البحرية. وقد حفظت الأصداف حينما تصلب الطين إلى صخر... ولاحظ أنَّ الأنهار تعري وديانها وترسب الطين الدقيق في مصباتها وأن الحيوانات والنباتات تطمر في الأطيان. وقد فسر طريقة تصلب (تحجر) أصداف الحيوانات كما تتصلب الأطيان وتتحول إلى صخر، وبين أن المناطق الجديدة ترتفع بعد ذلك فوق سطح البحر لتصبح أرضاً.

خلال حياة دافنشي والفترة التي أعقبتها مباشرة، كان هناك فكرتان متعارضتان حول تاريخ الأرض. الأولى كانت من سفر التكوين (كتاب النشوء) (Book of Genesis) الذي أعطى الصورة الكاملة لتكوين الأرض قبل عدة آلاف من السنوات خلال فترة الخليقة وكارثة واحدة فقط هي التي أحدثت أي تغير على الأرض وذلك هو «طوفان نوح عليه السلام» وبعد ذلك فإن الأرض كانت في حالة ثبات، وحسب هذه الفكرة فإن أي تغير في موقع البحر كانت له علاقة بهذا الفيضان... ومقابل ذلك كانت هناك الفكرة السائدة في كتابات الاغريق والرومان بأن التغيرات تحدث على سطح الأرض باستمرار... وقد أحيا دافنشي الفكرة الأخيرة بملاحظاته حول ترسب الأطيان من قبل الأنهار والاستنتاج بأن الأطيان تتصلب إلى صخور ثم ترتفع لتصبح اليابسة.

ومع ذلك الاختلاف في وجهات النظر حول التغيرات على سطح الأرض أو ثبات سطح الأرض فقد اشتد خلاف آخر، ذلك هو الخلاف حول طبيعة البقايا التي وجدت في المناطق اليابسة من الأرض والجبال التي تشبه بشكل كبير أصداف الحيوانات التي تعيش قرب ساحل البحر... لقد كان التشابه بينهما واضحاً جداً وكان السؤال كيف وصلت تلك الأصداف إلى المناطق البعيدة من البحر؟

وهذه النقطة كانت ذات أهمية، فللكثيرين يظهر أنَّ هذه الأصداف قد تكونت خلال فترة خلق العالم أو أنها انتقلت هناك خلال «الطوفان». ولا يوجد هناك إجابات أخرى لمعظم الناس لأن التعاليم من «سفر التكوين» قد شدتهم بقوة. أما بالنسبة لأولئك الذين يحملون بعض الشك في ذلك فكان أمامهم مثال هو «جيوردانو برونو» (Giordano Bruno) الذي أحرق على وتد في روما عام

1600م وذلك لقوله بأنه لم يكن هناك طوفان أبداً وإن مواقع الأرض والبحر قد تغيرت عدة مرات.

ومثال آخر برنارد باليسي (Bernard Palissy) الذي أثار حنق رجال الدين وقد هوجم بقوة واعتبر خارجاً على العقيدة الدينية وذلك لقوله إن الأحافير كانت بقايا لحيوانات ونباتات كانت حية في فترة من الزمن.

وشيئاً فشيئاً ولفترة وصلت إلى قرنين فإن فكرة كون المتحجرات هي بقايا لأحياء كانت تعيش فترة داخل البحر هي التي سادت وقبلت..

وفي السنوات التي أعقبت ملاحظات دافنشي بدأ عدد من الطبيعيين بدراسة العوامل الطبيعية وتأثيرها على قشرة الأرض. بينهم توماس برنت (Thomas Burnet) وروبرت هوك (Robert Hooke)... كتابات برنت في عام 1860 أشارت إلى أنه بمرور الزمن فإن جميع الجبال على سطح الأرض يمكن أن تغسل (تتعرى) إلى البحر بسبب العوامل الطبيعية اليومية من تساقط المطر وجريانه وتعرية الرياح.

نيكولاس ستينو (Nicholaus Steno):

إن اسمه المشهور به هو الاسم اللاتيني ستينو (Steno) واسمه الأصلي هو نيلس ستينسن (Niels Steensen).

درس صخور توسكانيا (Tuscany) في شمال إيطاليا ولخص ملاحظاته الجيولوجية واستنتاجاته في عام 1669م وهذه الدراسات قادته إلى استنتاج مبدأ التعلي أو التعاقب «Superposition» الذي ينص: في أي تعاقب للطبقات الصخرية الأفقية حسب هذا المبدأ فإن الطبقات الأقدم تكون في الأسفل والأحدث في الأعلى.

كما تنسب إلى ستينو القاعدة الأساسية الثابتة وهي مبدأ الترسب الأولي الأفقي الذي يعني أنَّ الطبقات الرسوبية تترسب عادة بوضع أفقي تقريباً. لذا فإننا إذا لاحظنا صخوراً مائلة أو مطوية بدرجة كبيرة فيعني ذلك إنها تأثرت بحركة أو حركات أرضية بعد ترسبها.

روبرت هوك (Robert Hooke) (1635 ـ 1703م):

اهتم بالكيمياء والفيزياء وهو أحد الجيولوجيين المشهورين في القرن السابع عشر وكان معاصراً لستينو وكتابة المعنون «Discourse of Earthquakes» يحوي آراء جديدة ومنها إمكانية استعمال الأحافير كوسيلة لتقدير الزمن. وأشار إلى انقراض الأنواع وأن التغير والتقدم بسبب تغير الظروف وتغيرات البيئة يمكن استنتاجها من الأحافير.

وقد تطرق هوك إلى العوامل الطبيعية كتأثير الأنهار وترسباتها في البحر وأمواج البحر التي تضرب الساحل، والريح التي تعمل على تعرية الصخور وما تؤديه هذه العوامل جميعها من نحت في سطح الأرض... كما استمر بالقول إن أقوى العوامل تأثيراً في تغيير سطح الأرض هي الهزات الأرضية والثورات البركانية، إن فعل البراكين قد يحول بعض المناطق التي كانت مرة سهلاً إلى جبال كما إن الهزات الأرضية قد تؤدي إلى ارتفاع أجزاء من الأرض واختفاء أجزاء أخرى... وأوضح أن أية منطقة تختفي بهذه الطريقة فإن الأحياء التي تعيش فوقها تختفي أيضاً... فبعض الحيوانات تتحطم خلال هذه التغييرات واعتقد بأن حيوانات أخرى تظهر نتيجة لذلك. ولأنه اعتبر الانقراضات والظهور للأحياء عملية قد وقعت فقد تستخدم أشكال الأحافير لتعيين الأعمار السالفة... لقد كان هوك من أقوى المدافعين عن الفكرة التي تقول إن الأحافير في الصخور هي بقايا أحياء كانت تعيش في الماضي.

وبعد ما يقرب من قرن بعد هوك حاول عالم الطبيعة الفرنسي جورج لويس لكليرك (Georges Louis Leclerc) ولقبه كونت بافون (Conte de Buffon) في كتابه «التاريخ الطبيعي» الذي ظهر أول مجلد منه عام 1749م أن يشرح كون الأرض عبارة عن نظام من المادة في حركة مستمرة. وأشار إلى أنه بالإمكان أن تحكم على المستقبل (مستقبل سطح الأرض) بما يوجد حالياً ويجب أن لا تتأثر بالعوامل التي تحدث نادراً بشكل مفاجيء وعنيف. فهذه الأسباب ليس لها محل في المجرى الطبيعي للأرض ولكن العمليات تتكرر بشكل منتظم والحركات تعاقب إحداها الأخرى بدون انقطاع... لذا فقد أكد أن الأحداث اليومية وليست

الكوارث هي المسبب الرئيسي للمظاهر على سطح الأرض. وبافون (Buffon) كان قريباً من أفكار هتن بالنسبة إلى الوتيرة الواحدة (Uniformitarianism). وقد أشار جين جيتارد (Jean Guettard) في أواسط القرن الثامن عشر ونيكولاس ديسمارست (Nicolas Desmarest) بعده مباشرة إلى أن بقايا البراكين التي كانت فعالة مرة من المرات توجد حالياً في إحدى المقاطع الفرنسية... كما إن ديسمارست أشار إلى أن الصخور البركانية في أوروبا قد تكونت في أوقات مختلفة وبطرق مختلفة... وأكد على أن عوامل الطبيعة قد فعلت في الماضي بنفس الطريقة التي تعمل بها الآن.

وفي الفترة الأخيرة من القرن الثامن عشر تجمعت كمية من الملاحظات العلمية وخلاصاتها تشير إلى وحدة وتيرة عمل العوامل الطبيعة خلال الزمن.. ورغم ذلك فحتى تلك الفترة ارتبطت معظم الخلاصات (الاستنتاجات) بالعقيدة الدينية بطريقة أو أخرى.

في هذه الفترة ظهرت عدة جمعيات علمية في إنكلترا، أولاها في لندن، وقدم جيمس هتن (James Hutton) في عام 1785م فكرته وهي أنَّ القوانين الطبيعية الماضية يمكن استنتاجها من دراسة العوامل الحالية وأن فهم عمليات الطبيعة الماضية قد تتم من ملاحظات العوامل الطبيعية الحالية.

ويشير الجيولوجيان الأمريكيان كرومباين وسلوس في كتابهما «علم الطبقات والترسيب» (Stratigrahy & Sedimentation) إلى أن من أسباب التأخر العلمي في تلك الفترة هو أنَّ المناقشات المحدودة والمحصورة في سفر التكوين. فَتَحت ذلك التأثير فقد حصر عمر الأرض بفترة لم تتجاوز عدة آلاف من السنين (4004 سنة قبل الميلاد) وجميع الرسوبيات اعتبرت نتيجة لطوفان نوح (Biblical Flood). كما اختلفت الآراء حول الأحافير فالبعض اعتبرها مخلوقات طمرها الفيضان وآخرون اعتبروها أحد أفعال الشيطان لحرف الإنسان وغيرها من التفسيرات. إلا أنه يجب أن لا يغيب عن أذهاننا أنه كانت هناك بعض الآراء العلمية الصحيحة قبل أواسط القرن الثامن عشر ففي بداية النصف الثاني للقرن السابع عشر كانت ملاحظات ستينو في إيطاليا وهوك في إنكلترا عن المتحجرات علمية

وصحيحة. . . إلا أن الظروف العامة التي كانت تسود أثرت على إمكانية استمرار تلك الجهود العلمية وتقدمها.

تنظيم العمود الطباقي (Stratigraphic Column):

توصل كل من ستينو (Steno) في إيطاليا وهوك (Hooke) في إنكلترا منذ بداية النصف الثاني من القرن السابع عشر إلى نتائج علمية صحيحة حول أهمية التعاقب الزمني للصخور وأصل الأحافير، إلا أن السمة البارزة في الدراسات الجيولوجية في تلك الفترة كانت البحث عن المعادن. . . واستمرت الاهتمامات في البحث عن الفحم والمعادن الأخرى ووصلت مرحلة جديدة في النصف الثاني من القرن الثامن عشر بوضع أسس لعمليات التحري والتنقيب مما أدى إلى تنظيم صخور المقالع والمناجم ووضعها بشكل طباقي. . وبعض تلك الأعمال كانت علمية وجدية نسبياً وخاصة خلال الفترة من عام 1760م وإلى 1770م.

وسوف نذكر أبرز المساهمين في تنظيم صخور القشرة الأرضية.

يوهان ليمان (Johann Gottlob Lehman):

كان مهندساً للمناجم ويعتبر أحد علماء المعادن في تلك الفترة. . وخلال عمله في جبال هارز (Harz) في ألمانيا شخّص ثلاثة أنواع من الجبال:

1 ـ أقدم الجبال ذات صخور صلبة وتركيب معقد.

2 ـ الجبال المنبسطة متكونة من ترسبات منبسطة متعاقبة الواحدة بعد الأخرى وقد تكونت من الماء، وتحوي أحافير الحيوانات والنباتات.

3 ـ الجبال التي تتكون بين فترة وأخرى بتأثير أحداث موضعية.

ثم اهتم ليمان بتعاقب الصخور في النوع الثاني من الجبال وهي الجبال المنبسطة ونشر في عام 1756م تقسيماً لصخور القشرة الأرضية وقد احتوى ذلك التقسيم على ثلاثة مجاميع للصخور.

1 ـ الصخور البدائية أو الأولية[1] (Primitive, Primary) وهي صخور متبلورة خالية من الأحافير واعتقد أن منشأها كيميائي وانها تكونت قبل نشوء الحياة على الأرض واعتبرها أقدم الصخور.

2 ـ الصخور الثانوية (Secondary)[2] وهي التي تتكوّن من طبقات وتحوي أحافير كما تحوي أجزاء متعرية من صخور أخرى.

3 ـ الفيضية (Alluvial) وهي الأتربة والحصى غير المتماسكة.

إن التعاقب أعلاه قد يكون صحيحاً في بعض المناطق إلا أنه لا يمثل بالضرورة التعاقب الطباقي في جميع أنحاء العالم فقد تكون بعض الصخور المتبلورة (النارية) أحدث من الصخور الثانوية التي تحوي أحافير.

جيوفاني أردينو (Giovanni Arduino) ـ 1759م:

كان أستاذاً في الجامعة ومديراً لمناجم أحد الأقاليم في إيطاليا... قام بدراسة منطقة الألب الجنوبية في إيطاليا (منطقة الابنين Apennines) وسهول إيطاليا... وقد شخص أربعة تقسيمات للقشرة الأرضية تتعاقب الواحدة منها بعد الأخرى وهذه التقسيمات هي: ـ

1 ـ لب الجبال متكون من صخور متبلورة، نارية ومتحولة وسماها بدائية (Primitive) أو أولى (Primary).

2 ـ سفوح الجبال ذات الطيات الكبيرة والقوية وهي متكونة من حجر جيري ورخام وسميت ثانية (Secondary).

3 ـ المناطق السفلى من التلال (Foot Hills) المتكونة من حصى ورمال ومارل وتراب بركاني...

4 ـ المواد الفيضية فوق السطح (Alluvial).

---

(1) إن أصل الكلمة Primary من اللاتينية Primarius وتعني أول.. الأول في النظام أو الزمن.
(2) كلمة Secondary من اللاتينية Secundarius تعني الثاني أو ما يلي الأول.

أطلق على ترسبات المناطق السفلى من التلال عبارة ثالثة (ترشري) (Tertiary)[1] . . ثم تعمم استخدام عبارة ترشري بعد أردينو على جميع مناطق أوروبا وأمريكا والتي تماثل ترسباتها المناطق السفلى من التلال.

ومن المعلوم الآن أن النوع الثالث (الترشري) هو التقسيم الأسفل (الأدنى) من تقسيمات الدهر الحديث (Cenozoic Era)، والتقسيم الآخر الذي يليه (أحدث منه) من تقسيمات الدهر الحديث هو الرابع (كواترنري) (Quaternary)[2] وقد أضيفت من قبل العالم الفرنسي ديشوير (J.Deshoyer) في عام 1829م لتشمل ترسبات الثلاجات والأنهار.

وقد استمر استخدام عبارتي أولى (Primary) وثانية (Secondary) حتى عام 1900م حيث استبدلت الأولى بعبارة «باليوزوي» (Paleozoic) والثانية بعبارة «ميسوزوي» (Mesozoic) . . . ولكن استخدام عبارتي ثالثة (ترشري) ورابعة (كواترنري) ما زال مستخدماً لحد الآن.

جورج فوكسل (George C. Fuchsel) ـ 1762م:

حدد على خريطة ثمانية سلاسل (Series) من الطبقات فوق صخور متبلورة لجبال الهارز (Harz) وغابات تورنجن (Thuringian) في منطقة الابنين ووصف كل مجموعة من الطبقات من ناحية مكوناتها الصخرية وأحافيرها ونسبها إلى جزء محدد من الزمن الجيولوجي.

أبراهام فرنر (Abraham Gottlob Werner):

ولد عام 1749م وتوفي عام 1817م. . كان أستاذاً لعلم المعادن في معهد التعدين في فرايبورج (Freiburg). لقد نشر القليل من آرائه العلمية ولكنه كان ذا موهبة في قابلية إقناع الآخرين بآرائه وفي التأثير على طلابه وقد تمكن من تحويل

---

(1) عبارة Tertiary من الكلمة اللاتينية Tertiarius وتعني الثالث.
(2) عبارة Quaternary من الكلمة اللاتينية Quaternarius وتعني الرابع أو متكون من أربعة.

معهد فرايبورج من معهد اقليمي إلى أحد المدارس المهمة في علم المعادن والتعدين في أوروبا.

وقد كان لمحاضراته الممتازة تأثير على الأفكار الجيولوجية وخاصة خلال الربع الأخير من القرن الثامن عشر وأوائل القرن التاسع عشر.

وقد كان أشهر شخصية مؤثرة في التاريخ الجيولوجي في تلك الفترة... وكان يميل إلى التزمت المبدئي وعدم قبول الآراء المخالفة له، وقد كانت آراؤه حول نشوء الصخور سبباً في حصول انقسام بين الجيولوجيين إلى مؤيدين لآرائه ومعارضين له.

فرضية فرنر ـ الفرضية المائية:

لقد سميت فرضية فرنر «بالفرضية النبتونية المائية» أو «البحرية» (Neptunism Hypothesis) نسبة إلى نبتون (Neptune) إله البحر عند قدماء الرومان.

كما أطلقت تسمية «النبتونيين المائيين» (Neptunists) على اتباع هذه الفرضية والسبب في إطلاق هذه التسمية أن فرنر اعتبر الماء المصدر الوحيد لبناء صخور القشرة الأرضية (بما فيها الصخور النارية والمتحولة).

وقد نشر «نظرية حول نشوء الأرض» (Theory of the Origin of the Earth) وملخص النظرية، أن نواة الأرض كانت في البداية مغطاة بصورة كاملة بمياه المحيط الأولي (Primeval Ocean). ولم تكن هذه النواة ملساء بل إن الارتفاعات والانخفاضات تغطي سطحها. كما أن مياه الميحط الأولي لم تكن صافية رقراقة كمياه البحار الحالية بل كانت عكرة وتحمل معها بشكل معلق أو ذائب جميع المواد التي كونت القشرة الأرضية الحالية، وقد ترسبت هذه المواد بشكل متعاقب على سطح «نواه الأرض»:

1 ـ الطبقات المترسبة من المحيط سماها الصخور الابتدائية أو البدائية (Primitive Series):

وهي مكونة من الجرانيت (Granite) وهي تشكل قاعدة الصخور المتعاقبة وتتداخل مع طبقة الجرانيت كما تقع فوقها أيضاً طبقة سميكة من النايس (Gneiss) والشست (Schist) والبورفري (Porphyry) مع صخور متبلورة أخرى واعتبرها ترسبات كيميائية وقد تكونت قبل بروز الأرض فوق سطح الماء... وبدأ ماء المحيط الأولي بالانخفاض ثم ترسبت السلسلة الثانية.

2 ـ سلسلة الصخور الانتقالية (Transitional Series):

وهي ترسبات اعتبرت جزئياً كيميائية وجزئياً فتاتية (منقولة)... وهي مكونة من أنواع مختلفة من الأردواز (Slate) والشست (Schist) ويوجد معها أحياناً حجر جيري ونادراً ما توجد معها أحافير. لقد اعتبر فرنر الطبقتين الأولى والثانية ترسبات تكونت بشكل طوق كامل حول الأرض بدون أي انقطاع في أية منطقة.

3 ـ سلسلة الطبقية (المتطبقة) (Stratified Series):

استمر انخفاض الماء وترسبت الطبقة الثالثة وهي مكونة من حجر رملي وجيري وطباشيري بالإضافة إلى الجبس والفحم وقد ازدادت كميات الترسبات الفتاتية (الميكانيكية) بصورة أكبر مما في الطبقة الثانية كما ازدادت البقايا العضوية.

4 ـ السلسلة الفيضية (Alluvial Series):

تكونت هذه السلسلة بصورة قليلة من ترسبات المحيط المذكور وبصورة أكبر من تحلل الطبقات التي تحتها. وهي آخر الطبقات وتتكون من رمل وطين وحصى غير متماسك.

5 ـ السلسلة البركانية (Volcanic Series):

أضاف فرنر هذا التقسيم بعد فترة من تحديد التقسيمات الأربعة السابقة وأطلق على الصخور النارية السطحية (Lava) اسم السلسلة البركانية... واعتقد

أنها نتيجة لاحتراق الفحم موضعياً في قشرة الأرض. . . ولم يعطها أهمية كبرى لأنها لا تتفق وآراءه الشخصية باعتبار جميع الصخور بما فيها الجرانيت والشسيت صخوراً منشؤها مائي أي من المحيط الأولي.

وقد فسر فرنر الطيات في الصخور الجرانيتية بأنها نتيجة لترسب هذه الصخور وتبلورها من المحيط الأولي على حافات الارتفاعات الأصلية لنواة الأرض التي لم تكن ملساء حسب رأيه.

تفحّص تقسيمات ليمان وفرنر نلاحظ التشابه الكبير في كل تقسيمات صخور القشرة الأرضية.

إن نظرية فرنر تحمل أخطاءً في جوانبها والخطآن الرئيسيان فيها هما: ـ

1 ـ اعتباره كافة الصخور النارية والمتحولة ذات منشأ مائي، فهو لم يدرك أن بعض الصخور يمكن أن تتكون من الصهير (الماجما).

2 ـ اعتقاده أن الصخور يمكن أن تتداخل أثناء الترسب الواحدة داخل الأخرى. فصخور السلسلة الثانية مثلاً أثناء ترسبها من المحيط الأولي يترسب قسم منها فوق السلسلة الثانية وقسم آخر قد يترسب داخل السلسلة الثانية والأولى. . لذا فهو بتحليله هذا قد نسف إمكانية وضع الصخور بشكل متعاقب حسب ترسبها بفترات زمنية متعاقبة.

لقد أثر فرنر على تقدم علم الطبقات والجيولوجيا بصورة عامة بسبب آرائه الخاطئة عن طريقة تكون الصخور.

جيمس هتن (James Hutton):

ولد في أدنبره عاصمة اسكتلندة عام 1726م وتوفي عام 1797م. وقد عاصر فرنر وكانت معالجته للمشاكل الجيولوجية أكثر من فرنر، كتب مؤلفاً جيولوجياً باسم نظرية الأرض (Theory of the Earth) في عام 1788م. . . إن هتن قد لاحظ عدة مبادىء علمية جيولوجية أساسية وخاصة في علم الطبقات وكانت طريقته في الدراسة الجيولوجية أكثر علمية وأقل تزمتاً من فرنر. . . إلا أن شخصية فرنر القوية جعلت آراءه الخاطئة أكثر قبولاً من آراء هتن العلمية القيمة.

فرضية هتن ـ الفرضية الباطنية:

أثبت هتن أن الصخور النارية قد تصلبت من حالة السيولة (الماجما) من باطن الأرض... وهذه إحدى الخلافات الأساسية بينه وبين فرنر الذي اعتبر مصدر جميع الصخور الماء كما أشرنا إلى ذلك.

وأشار هتن إلى أن الحرارة التي أثرت على تلك الصخور هي حرارة باطن الأرض... لذا فقد أطلق على فرضيته الفرضية الباطنية «البلوتونية» (Plutonism Hypothesis) كما أطلق على هتن وجماعته تسمية الباطنيين (Plutonists) نسبة إلى إله باطن الأرض عند الأغريق والرومان وهو بلوتو (Pluto)...

والمساهمة العلمية المهمة الثانية لهتن هي إدراكه مبدأ وحدة تأثير العوامل الطبيعية في الماضي والحاضر. وهو مبدأ «الوتيرة الواحدة» أو «مبدأ وحدة العوامل» (Uniformitarianism) والذي ينص على «أن الحاضر مفتاح الماضي» (The present is the key to the past) أي إن العوامل الطبيعية الجيولوجية من مياه ورياح وغيرها والموجودة الآن كانت بنفس صيغ تأثيرها ونتائجها في الماضي الجيولوجي... لذا فبتحليلنا لتأثير الرياح وما تكونه من أنواع الترسبات كالكثبان سيقودنا إلى معرفة تأثير الرياح واتجاهاتها في الماضي من خلال ملاحظتنا لكثبان رملية في أي فترة من الماضي الجيولوجي.

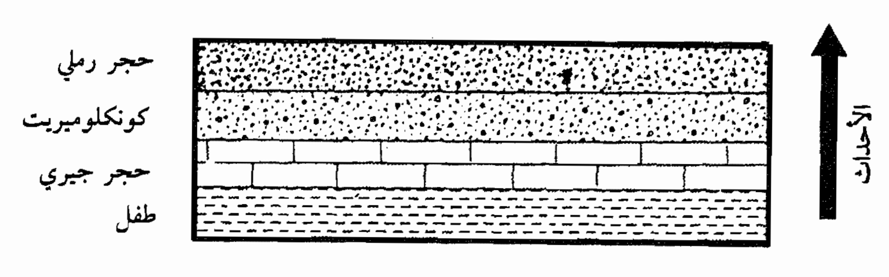
المساهمة الثالثة لهتن هي في علم الطبقات وهو مبدأ أو قانون تعاقب (أو تراكب) الطبقات الصخرية (Principle of Superposition). وينص هذا المبدأ على أنه في التعاقب الطبيعي للصخور تكون الطبقات التي في الأسفل هي الأقدم والتي في الأعلى هي الأحدث الشكل (1 ـ 2).

لقد أشار إلى هذه الفكرة بشكل أولي العالم ابن سينا، وكذلك العالم الإيطالي ستينو (Steno).

وربما كانت تطبيقات هتن لهذا المبدأ في العديد من دراساته سبباً في أن معظم المصادر تنسب هذا المبدأ إلى هتن بدلاً من ستينو أو ابن سينا.

إن هذا المبدأ قد اعتبر تحولاً جذرياً في تحليل الجيولوجيين لبعض الأحداث الجيولوجية وذلك لأن هذا المبدأ مناقض لرأي فرنر الذي ذكر بأن

الصخور في ترسبها تتداخل الواحدة منها في الأخرى.



شكل (1 ـ 2)

بتطبيق قانون تعاقب الطبقات فإن طبقة الطفل (Shale) هي الأقدم وطبقة الحجر الرملي (Sandstone) هي الأحدث كما يشير السهم.

وجرت مناقشات حادة بين أنصار الفكرتين (المائية والباطنية) ونقلت النشرات العلمية في أواخر القرن الثامن عشر وأوائل القرن التاسع عشر حملات حادة بين الجماعتين وقد انتهت برجحان فرضية هتن. . .

لايل (Lyell):

في عام 1833م وضع لايل كتابه «مبادىء الجيولوجيا» (Principles of Geology) ووضع فيه عموداً طباقياً (لاحظ الجدول 1 ـ 4).

إن التقسيم الذي قدمه لايل قد اعتمد فيه على تقسيمات وليم سميث ثم أضاف إليه معلومات جديدة. . . كما استخدم في هذا التقسيم عبارات، Tertiary, Secondary, Primary والتي سبق وان استخدمها ليمان وفرنر (لاحظ الأعمدة 1 ,2 في الجدول رقم (1 ـ 4)). وفي العمود 3 نلاحظ تقسيماً قدمه لايل في عام 1872م واستخدم فيه عبارات: Tertiary or Cenozoic, Secondary or Mesozoic, Primary or Paleozoic، فيما نشر دانا (Dana) في عام 1880م (العمود 4 في الجدول (1 ـ 4)) تقسيماً استخدم فيه عبارة Paleozoic، Cenozoic, Mesozoic وأسقط عباراتي Primary و Secondary. وقد أسقطت هاتان العبارتان الأخريان وحل محلهما عبارات Paleozoic و Mesozoic واستمر استخدام الثالث (Tertiary) ثم أضيف «الرابع» (Quaternary).

1. LYELL 1833	2. PHILLIPS 1838	3. LYELL 1872	4. DANA 1880	5. MILLER 1889
RECENT PERIOD / TERTIARY PERIOD: Newer Pliocene	TERTIARY STRATA	TERTIARY OR CAINOZOIC: Post-Tertiary	CENOZOIC: Quaternary	CAENOZOIC: Post-Pliocene
Older Pliocene Miocene Eocene		Pliocene Miocene Eocene	Tertiary	Pliocene Miocene Eocene
SECONDARY PERIOD: Cretaceous Wealden	SECONDARY STRATA: Cretaceous system	SECONDARY OR MESOZOIC: Cretaceous	MESOZOIC: Cretaceous	MESOZOIC: Cretaceous system
Oolite or Jura limestone group Lias	Oolitic system	Jurassic	Jurassic	Jurassic system
New red sandstone group	Red sandstone system	Triassic	Triassic	Triassic system
		PRIMARY OR PALAEOZOIC: Permian	PALEOZOIC: Carboniferous	PALAEOZOIC: Carboniferous system
Carboniferous group: Coal measures	Carboniferous system	Carboniferous		
Mountain limestone				Subcarboniferous system
Old red sandstone		Devonian	Devonian	Devonian system
Grauwacke and Transition limestone	Silurian system	Silurian	Silurian	Upper Silurian system
				Lower Silurian system
PRIMARY PERIOD	PRIMARY STRATA: Grauwacke system	Cambrian		
	Clay-slate system		ARCHAEAN: Eozoic	AZOIC: Taconic system
	Mica-schist system Gneiss system	Laurentian	Azoic	Laurentian system

6. CHAMBERLIN and SALISBURY 1905	7. SCHUCHERT 1910	8. ULRICH 1911	9. GRABAU 1913	10. PRESENT USAGE
CENOZOIC: Present, Pleistocene	NEOZOIC, TERTIARY OR CENOZOIC: Neogenic	CENOZOIC: Recent, Pleistocene	PSYCHOZOIC OR QUATERNARY: Quaternary	CENOZOIC: Quaternary, Neogene
Pliocene, Miocene, Oligocene, Eocene	Eogenic	Neogenic, Eogenic	CENOZOIC OR TERTIARY: Tertiary	Tertiary, Paleogene
MESOZOIC: Cretaceous, Comanchean	Cretacic period, Comanchic period	Cretaceous, Comanchean	MESOZOIC OR SECONDARY: Cretacic, Comanchic	Cretaceous
Jurassic	MESOZOIC: Jurassic period	MESOZOIC: Newark or Jura-Triassic	Jurassic	MESOZOIC: Jurassic
Triassic	Triassic period		Triassic	Triassic
PALEOZOIC: Permian	Pennsylvanic - Permic period	Pennsylvanian	PALAEOZOIC OR PRIMARY FOSSILIFEROUS OR TRANSITION: Permic	PALEOZOIC: Permian
Coal measures or Pennsylvanian			Carbonic	Pennsylvanian
Subcarboniferous or Mississippian	NEOPALEOZOIC: Tennesseic period, Mississippic period	Tennesseean, Waverlyan	Mississippic	Mississippian
Devonian	Devonic period	NEOPALEOZOIC: Devonian	Devonic	Devonian
Silurian	Siluric or Ontaric period	Silurian	Siluric	Silurian
Ordovician	PALEOZOIC: Cincinnatic period, Ordovicic period	EOPALEOZOIC: Ordovician	Ordovicic	Ordovician
Cambrian	Canadic period, Ozarkic period, Acadic period, Georgic period	Canadian, Ozarkian, Cambrian	Cambric	Cambrian
PROTEROZOIC: Keweenawan, Animikean, Huronian	PROTEROZOIC	PROTEROZOIC	PROTEROZOIC (EOZOIC): Keweenawic, Huronic	PRECAMBRIAN: Regionally defined systems
ARCHEOZOIC: Archean complex	ARCHEOZOIC	ARCHEOZOIC	AZOIC ARCHAEOZOIC: Laurentic, Keewatic	

وليم سميث (William):

ولد عام 1769م وتوفي عام 1839م... كان مساحاً إنكليزياً وقد عمل في هندسة فتح القنوات وشق الطرق وكانت له اهتمامات شخصية في الصخور والأحافير التي تحويها. وقد قادته مهنته واهتماماته إلى ملاحظة أن الطبقات المختلفة تحمل مجموعات مختلفة من الأحافير ورغم التغير في الصفات الفيزيائية للصخور المتعاقبة فإن تتابع مجاميع الأحافير يبقى ثابتاً... كما إن الطبقات المتماثلة تحمل نفس مجاميع الأحافير لذا فإن الطبقات يمكن تشخيصها بمحتوياتها من الأحافير وبهذا فقد وضع وليم سميث أساس استخدام الأحافير لمعرفة عمر الصخور. وقد اعتمد على هذه الملاحظات جيولوجيون آخرون بعده واستحدث «قانون تعاقب المجاميع الحيوانية والنباتية». (Law of faunal & floral succession) لقد أشار مؤلفا كتاب (Stratigraphy & Sedimentation) وهما كرومباين وسلوس بأن هذا القانون قد وضع بعد سميث من قبل غيره... إلا أننا نميل إلى اعتبار أساس القانون قد وضعه سميث لذا فمن الأنسب أن يبقى هذا القانون باسمه.

لامارك (Lamarck) (1744م - 1829م):

عالم فرنسي بدأ حياته العلمية كعالم نبات ثم كعالم للحيوان وبعض نشرياته العلمية كانت في مقدمة الدراسات في موضوع الأحياء اللافقرية مما دفع العديد إلى اعتباره مؤسس هذا العلم. وقد قارن بين الأحياء في وقته والأحافير ووصل إلى قناعة بأن التغيرات التي يكتسبها الكائن الحي خلال حياته يمكن أن تنتقل إلى أجياله التالية وتسمى هذه النظرية «اللاماركية» (Lamarckism) وهي نظرية الاستعمال والإهمال... وملخصها أن كل صفة أو عضو في جسم الكائن الحي يستخدم بصورة كبيرة فإنه يتطور وتنتقل هذه الصفة إلى أجياله التالية أما الأعضاء أو الصفات التي لا تستخدم فإنها تضمحل، وأعطى مثالاً بأن ابن رجل يمارس الأعمال البدنية القوية (كالحداد مثلاً) فإن ولده سيكسب جزءاً من صفات والده القوية منذ الولادة.

كوفييه (Cuvier) (1792م ـ 1832م):

أحد العلماء المشهورين في علم الأحياء والمتحجرات. . . كان أستاذ التاريخ الطبيعي في باريس وقد اعتبر «مؤسس علم المتحجرات الفقرية». . وذلك لدراسته المتحجرات الفقرية. . . وكانت معظم دراسته على ثدييات الترشري Tertiary. وقد نجح في تجميع تلك الأحياء من البقايا القليلة لعظامها وفكوكها وأسنانها. . . كما لاحظ بأن العديد من الأنواع كانت محددة في طبقات معينة بذاتها وأن الكثير من تلك الأنواع قد انقرضت الآن. . . كما استنتج أن تلك الأحياء القديمة عاشت في المناطق التي وجدت فيها بقاياها وأن بعض خصائصها تعطي دلالة على تغير البيئة في الماضي.

لقد كان كوفييه ضد فكرة التطور واعتقد بأن ميزات كل نوع غير قابلة للتغيير وبأن كل كائن عضوي هو نتيجة لخليقة خاصة. وقد اقترح فرضية «الكوارث» التي تعزو التغيرات في الأحياء المتواجدة في طبقات متعاقبة وذلك كنتيجة لسلاسل من الكوارث أو الطوفانات وكل كارثة تعقبها خليقة جديدة. . . وأفكار كوفييه سيطرت على آراء علماء المتحجرات حتى عام 1859م حيث نشر شارلز دارون كتابة «أصل الأنواع» (Origin of Species).

دارون (Darwin) (1809م ـ 1888م):

اشتهر بمبادىء التطور العضوي وقد نشر كتابه «أصل الأنواع» (Origin of Species) في عام 1859م.

وفرضيته هي أن الكائنات الحية تنجب ذرية (Offspring) بعدد أكبر مما يتوقع لهم المعيشة. وهؤلاء الأبناء الذين لا يوجد اثنان منهما تتطابق مواصفاتهما يتنافسون على الغذاء أو الضروريات الأخرى. وهذا «الصراع من أجل البقاء» يؤدي إلى «بقاء الأفضل» وهؤلاء الأبناء الذين بقوا على قيد الحياة فإنهم يحملون الصفات الجيدة من آبائهم وهي التي تبقى كما أن الأبناء «الضعفاء» ينقرضون وتنقرض معهم الصفات غير الملائمة. . . وهذه الفكرة أسماها الانتقاء الطبيعي (Natural Selection).

دي فريز (De Vries) (1901م):

أدرك دي فريز أن التغيرات التي تحدث على الكائن الحي يجب أن تؤثر في الجينات لكي يكتسبها الكائن الحي وينقلها إلى أجياله وهذه التغيرات أسماها «الطفرات» (Mutation)... والطفرة هي تغير مفاجىء في الوراثة يؤدي إلى تكون مواليد جديدة مختلفة عن الأبوين المنتجين اختلافاً أساسياً وذلك بسبب تحول طارىء في الجينات. وهذه الطفرات قد تكون واضحة جداً أو يصعب ملاحظتها...



الفصل الثاني

التقسيم الطباقي والوحدات الطباقية الصخرية

التقسيم الطباقي

يمكننا تعريف التقسيم الطباقي بأنه تنظيم منسق للطبقات والكتل الصخرية بشكل تعاقب طباقي اعتيادي أو تعاقب لوحدات طباقية... وتُعرَّف الوحدة الطباقية بأنها طبقة أو مجموعة طبقات أو كتل صخرية متميزة عن بعضها البعض.

منذ عام 1930م والسنوات التي أعقبتها مباشرة انتبه علماء الطبقات إلى الفرق بين تقسيم العمود الجيولوجي إلى صخور على أساس موقعها في العمود الجيولوجي وبين حاجتهم الفعلية في الحقل إلى تحديد طبقات صخرية وامتداداتها. وكان العاملون في حقل النفط من أوائل من شعروا بأهمية هذا التفريق وذلك لأن ما يحدد تواجد وهجرة النفط والغاز هو الطبقات الصخرية والعلاقات التركيبية بينها، وليس معرفة موقعها ضمن التعاقب الزمني الجيولوجي والذي تكون فتراته طويلة جداً يصل بعضها إلى 70 مليون سنة.

ودفعت تلك الحاجة إلى استحداث تقسيم آخر للصخور هو تقسيمها على أساس صفاتها الصخرية لذا أصبح هناك تقسيمان للصخور الأول استناداً إلى موقعها في العمود الجيولوجي (الزمن) والثاني وحدات صخرية ملموسة يمكن

ملاحظتها وتعقبها في الحقل وتحت السطح وبالإمكان وضعها على الخريطة على أساس من صفاتها الصخرية.

وساهم في عملية تثبيت هذين التقسمين للصخور مجموعة من الاختصاصيين في علم الطبقات في جامعة ستانفورد الأمريكية وكانت قمة تلك الجهود بحث نشره شنك ومولر (Schenk & Muller) عام 1491م واقترحا فيه ضرورة تشخيص الأصناف التالية للوحدات الطباقية: -

1 - تقسيم مبني على أساس الزمن الجيولوجي وعلاقة الصخور بذلك وهذا التقسيم يضم:

(أ) وحدات (Time Units) وهي أجزاء من الزمن الجيولوجي المستمر ومثالها الدهر (Era) العصر (Period)... الخ.

(ب) وحدات طباقية - زمنية (Time Stratigraphic Unit) أو صخرية - زمنية (Time Rock Units) وهي مجموعة الصخور المترسبة خلال فترة زمنية محددة ومن أمثلتها النظام (Systems) السلسلة (Series)... الخ.

2 - وحدات صخرية (Rock Units) وهي تشمل مجموعة الصخور التي يمكن وضعها على الخريطة الجيولوجية وتتميز بصفات فيزيائية واضحة يمكن ملاحظتها في المكاشف الصخرية وتحت السطح. ومن أمثلتها المجموعة (Group) التكوين (Formation)... الخ.

وبذلك فقد ثبت مفهوم التقسيم الثنائي وحظي بقبول عام وبتطبيقه حلت العديد من المشاكل العملية...

اللجنة الطباقية:

عملت منظمات علمية جيولوجية في أمريكا الشمالية على وضع أسس لتقسيم الوحدات الطباقية وازدادت تلك المحاولات في أعقاب الحرب العالمية الثانية... وانتهت جهود الجيولوجيين في أمريكا الشمالية التي تمثل جيولوجيين من كندا، والولايات المتحدة والمكسيك بإصدار «قواعد التسمية الطباقية»

(Code of Stratigraphic Nomenclature) التـي نـشـرت عـام 1961 فـي مـجـلـة American Association of Petroleum Geologists Vol, 45, No.5 May 1961 pp. 645-665 . كما أن المؤلفين كرومباين وسلوس نشرا هذه القواعد في نهاية كتابهما Stratigraphy & Sedimentation وقد أوضحت اللجنة الأمريكية للتسمية الطباقية الغاية من إصدار هذه القواعد والقوانين بقولها:

إنها تهدف إلى وضع صيغة عامة وشاملة وواضحة لتقسيم الوحدات الطباقية وضمان أعلى درجة من التماثل أو التجانس في استخدام وتطبيق تلك المبادىء والأسس العلمية بين الجيولوجيين.

أعـقـب ذلـك عـدة مـنـاقـشـات ونـشـريـات صـدرت مـن قـبـل «الـمـؤتـمـرات الجيولوجية العالمية» (International Geologic Congress) واللجان المنبثقة عنها «كاللجنة الفرعية العالمية للتقسيم الطباقي» (International Subcommission on Stratigraphic Glassification) وتختصر (ISSC).

وخلصت إلى التقسيمات والتعليمات التي سنتطرق إليها.

أصناف الوحدات الطباقية (Stratigraphic Units):

إن الوحدات الطباقية متعددة وذلك لأن أسس التشخيص متباينة كما إن هذه الوحدات متداخلة مع بعضها فمن التوضيح الذي سيقدم حول هذه الوحدات وأنواعها يتضح المقصود بكونها وحدات متميزة ومتداخلة أيضاً.

إن الوحدات الطباقية تشمل:

1 ـ وحدات طباقية ـ صخرية (Lithostratigraphic Units)

2 ـ وحدات طباقية ـ حياتية (Biostratigraphic Units)

3 ـ وحدات طباقية ـ زمنية (Chronostratigraphic Units)

وهناك وحدتان ليستا طباقيتين بل لهما علاقة بالوحدات الطباقية وهما:

4 ـ الوحدات الزمنية الجيولوجية (Geochronologic Units أو Geologic Time)

Units التي لها علاقة أساسية بالوحدات الطباقية ـ الزمنية (Time-Stratigraphic Units).

5 ـ وحدات المناخ ـ الجيولوجي (Geologic-Climate Units) التي تعتمد على وحدات طباقية الرابع «الكواترنري» (Quaternary Stratigraphic Units) وسوف نتكلم بالتفصيل عن هذه الوحدات.

6 ـ وحدات طباقية مغناطيسية (Magnetostratigraphic).

1 ـ الوحدات الطباقية ـ الصخرية (Lithostratigraphic Units):

إن عبارة Litho من الكلمة الإغريقية Lithos وتعني «صخر» لذا فهذه الوحدات تسمى أيضاً بالانكليزية (Rock Stratigraphic Units) وقد تختصر التسمية إلى «وحدة صخرية» (Rock Units). والوحدات الطباقية ـ الصخرية هي أجزاء من صخور القشرة الأرضية تتميز وتتحدد على أساس صفاتها الصخرية (Lithologic) أو الطبيعية «المادية» (Physical) تلك الصفات التي تكون واضحة للعيان في الحقل ومن الصفات الصخرية (الطبيعية) المستخدمة لتشخيص الوحدات الطباقية ـ الصخرية المكونات الصخرية، ولون الصخور، وحجم الحبيبات.

حدود الوحدة الطباقية ـ الصخرية:

حدود الوحدة الصخرية توضع في مناطق التغير الواضحة بين الطبقات الصخرية أو توضع بشكل اعتباطي في حالة تدرج المكونات الصخرية بالحجم. ويمكن أن تقطع هذه الحدود خط الزمن الجيولوجي أو حدود امتدادات المتحجرات وحدود أية وحدة طباقية أخرى. والوحدات الصخرية تعتبر حجر الأساس في وصف ودراسة الطبقات في الحقل ودراسة التراكيب الجيولوجية الموضعية والعامة، والمصادر الاقتصادية والتاريخ الجيولوجي.

امتداد الوحدة الطباقية الصخرية والمقطع النموذجي:

إن تشخيص وحدة طباقية صخرية يجب أن يستند على معرفة كاملة

باحتمالات امتدادات تلك الوحدة جانبياً (جغرافياً) وعمودياً (زمنياً). ولكن لغرض تثبيت التسمية فمن الضروري اختيار «مقطع نموذجي» (Type Section) ويسمى بالانكليزية (Stratotype) أي «طبقة نموذجية» أو «الطبقة المثال». ومن الضروري تحديد موقع المقطع النموذجي جغرافياً بواسطة خارطة، أو صور جوية، أو الإحداثيات (خطوط الطول والعرض). ومن الضروري أيضاً تشخيص الوحدة جيولوجياً وذلك بوصف الوحدة بصورة كاملة وتعيين حدودها. وبالإمكان اختيار بعض الشواخص الصناعية على الأرض كمرجع. على سبيل المثال عند تحديد المقطع النموذجي لتكوين عقرة الجيري، ذكر بأن المقطع يقع على بعد 5 كم من مركز الشرطة، لذا فمركز الشرطة يعتبر أحد الشواخص أو العلامات المساعدة لتحديد موقع المقطع النموذجي بدقة.

المقطع النموذجي (Stratotype) أو (Type Section):

هو النموذج (المثال) الذي يمثل وحدة طباقية أو الحدود الطبقية... والمقطع النموذجي يشخص لفترة محدودة، أو نقطة محددة في تعاقب معين للطبقات الصخرية وهو يعتبر المثال (النموذجي) لتعريف وتشخيص تلك الوحدة الطباقية أو حدود الوحدة الطباقية.

الموقع النموذجي (Type Locality) أو المنطقة النموذجية (Type Area):

إن الموقع النموذجي يشير إلى منطقة جغرافية معينة يقع فيها المقطع النموذجي (Type Section).

وفي بعض الحالات لا يوجد للوحدة الطباقية الصخرية «مقطع نموذجي» لذا يختار الجيولوجي «منطقة نموذجية» بحيث تظهر فيها تلك الوحدة الطباقية الصخرية أو حدودها بشكل نموذجي.

مما تقدم يظهر بأن المقطع النموذجي هو مقطع خاص في تعاقب طباقي يقع ضمن الموقع النموذجي.

مثال من العراق:

إن المقطع النموذجي «لتكوين عقرة الجيري» يقع في وادي شيخ عبد العزيز على بعد 5كم من مركز الشرطة. فمنطقة عقرة تعتبر الموقع النموذجي لتكوين عقرة والمقطع الذي يقع في وادي شيخ عبد العزيز يعتبر المقطع النموذجي لتكوين عقرة الجيري.

إن «المقاطع النموذجية» لا تتغير أبداً بعد تشخيصها واستخدامها كأساس في اختيار وحدة طباقية صخرية إلا في حالة اختفاء المقطع النموذجي بصورة دائمة كأن تكون التغطية نتيجة بناء سد مما يؤدي إلى طغيان المياه على المقطع النموذجي. وعند ذلك يتم اختيار مقطع نموذجي بديل[1].

في بعض الحالات يصعب اختيار مقطع نموذجي واحد لكي يمثل الوحدة الطباقية الصخرية خير تمثيل، عند ذاك يتم اختيار «منطقة نموذجية» (Type area) بحيث تشتمل تلك المنطقة على الصفات المميزة لتلك الوحدة الطباقية الصخرية.

المقطع النموذجي الإضافي (Supplementary type section):

أوضحنا أن لكل وحدة طباقية صخرية تشخص لأول مرة مقطع نموذجي (Type section) وقد تمتد وحدة طباقية صخرية شخصت في بلد إلى بلد ثانٍ مجاور له. وتوصي التعليمات بأن اسم تلك الوحدة لا يتغير في البلد الثاني. وقد يعمد الجيولوجيون في البلد الثاني إلى اختيار مقطع نموذجي (Type section) للرجوع إليه في بلدهم ويسمى هذا المقطع النموذجي الثاني باسم «المقطع النموذجي الإضافي (التكميلي)» (Supplementary type section).

---

(1) يشير تقرير خاص صادر من Issc No. 4 في ص 6 بأن الدقة في اختيار تسميات للمقاطع النموذجية دفعت الجيولوجيين إلى استعمال تسميات مماثلة لتلك المطبقة في علم الأحياء... فمثلاً تستعمل عبارة «مقطع نموذجي جديد» (Neostratotype) للدلالة على مقطع نموذجي جديد قد اختير فيما بعد وذلك لكي يحل محل مقطع نموذجي قديم تحطم أو ألغي.

مثال من العراق:

شخّص الجيولوجي ساندر (Sander) في السعودية عام 1952 تكوين الدمام (Dammam formation) واختار له مقطعاً نموذجياً (Type section) وأعطى إحداثياته بالشكل التالي:

خط عرض 17,3 26° شمالاً

خط طول 7,7 50° شرقاً.

ولاحظ الجيولوجيون في جنوب العراق امتداد تكوين دمام داخل العراق فاختار كل من آون (Owen) ونصر (Nasr) عام 1958 في منطقة البصرة «مقطعاً نموذجياً تكميلياً» وحددا موقعه بالشكل التالي:

في بئر زبير رقم 3 التابع لشركة نفط البصرة

في خط عرض 01 23 30° شمالاً

في خط طول 29 43 47° شرقاً

ارتفاعه 51,9 قدماً عن سطح البحر، أكمل حفره في 21/ 2/ 1951 ويقع التكوين على عمق ما بين 1935 و2673 قدماً.

مثال آخر

تكوين جركس (Gercus Fn.). نسبة إلى جركس التي تقع على بعد 20كم شمال مديات في تركيا... وقد تم اختيار مقطع تكميلي له في العراق من قبل ويتزل (Wetzel) في دهوك ما بين خطوط العرض 52 52 36° شمالاً، وخط الطول 50 00 43° شرقاً وخط العرض 27 52 36° شمالاً وخط الطول 36 00 43°شرقاً.

علاقة الوحدات الطباقية الصخرية بالتاريخ الجيولوجي

لا يوجد تأثير للتاريخ الجيولوجي ولا للتعاقب الحياتي على الوحدات الطباقية الصخرية حين تشخيصها أو تقسيمها. أي أن تشخيص الوحدات الطباقية الصخرية لا يستتند على تاريخها الجيولوجي أو على تعاقب الأحافير فيها.. ومع

ذلك فإن بعض الأحافير الكبيرة الحجم والواضحة للعيان قد تصبح صفة فيزيائية فيها تساهم في تشخيص وحدة طباقية صخرية كما تساهم أية صفة فيزيائية أخرى كوجود المدملكات.

ومن الأمثلة على ذلك وجود طبقات صخرية غنية بالمحاريات، أو صخور حيدية كتكوين عقرة الجيري الذي يحوي على محاريات كبيرة الحجم هي الرودست (Rudist). وبذلك يمكن أن يستند الجيولوجي على وجود المحاريات الكبيرة في الفصل بين الوحدات الصخرية (ولا يعتمد هنا على عمر المحاريات).

استقلالية الوحدة الصخرية عن مفاهيم الزمن الجيولوجي:

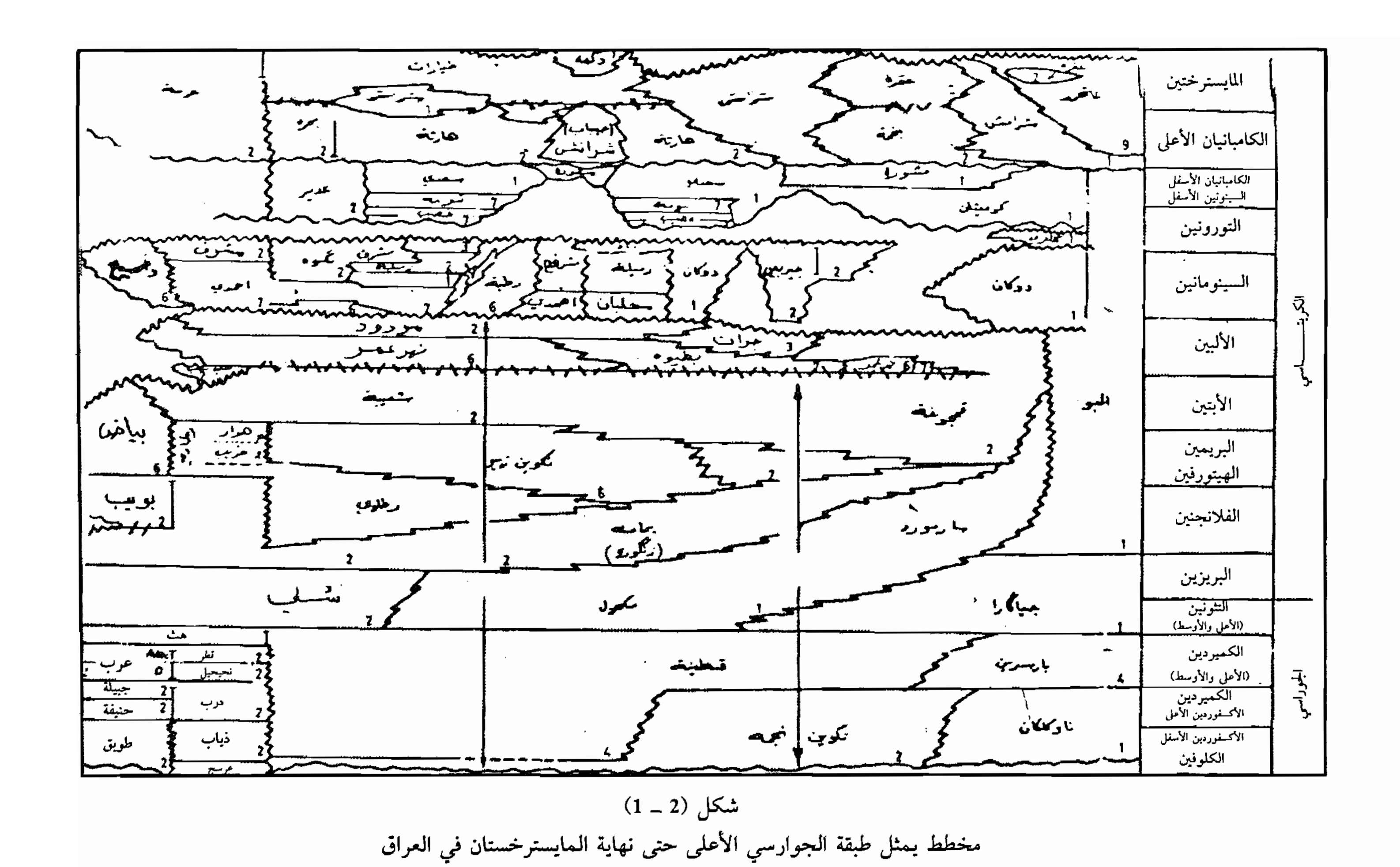
إن الحد الأعلى للوحدة الطباقية الصخرية قد يكون «بعمر واحد» (Isochronous) في كافة المناطق التي يتواجد فيها ويكون الحد الأدنى بعمر متماثل أيضاً في مناطق تواجد تلك الوحدة.

وقد تقطع حدودها خطوط الزمن الجيولوجي في بعض المناطق... فالوحدة الطباقية الصخرية قد تكون حدودها السفلى في منطقة أحدث عمراً من الحدود السفلى لنفس الوحدة الطباقية الصخرية في منطقة ثانية. فلو بدأ ترسيب في منطقة ما كساحل البحر ثم بعد فترة زمنية تالية تقدم البحر إلى اليابسة فالحدود السفلى للترسيب الأول ستكون أقدم عمراً من الحدود السفلى للترسيب الثاني. لذا فإن عامل الزمن لا يلعب أي دور في تحديد الوحدة الطباقية الصخرية.

كما نجد وحدات صخرية ذات عمر جيولوجي قصير تجاورها وحدات صخرية أخرى ذات عمر أطول، كما أن الوحدة الطباقية الصخرية الواحدة قد تكون بسمك معين في منطقة وفي منطقة أخرى بسمك أكبر.

سنورد أمثلة من العراق على ما ذكرناه سابقاً.

لاحظ الشكل (2 ـ 1) حيث يمتد تكوين بالمبو من الفالنجيان (Valangian) وحتى التورونيان (Turonian)، وفي نفس الفترة ترسبت إلى الغرب منه تكاوين سارمورد (Sarmord) وقمجوقة (Qamchuqa) ودوكان (Dukan) وكلناري (Gulneri) وكوميتان (Kometan).



شكل (2 ـ 1)

مخطط يمثل طبقة الجوارسي الأعلى حتى نهاية المايسترخستان في العراق

كما أن تكوين بالمبو في منطقة وادي سيروان قرب حلبجة أكثر سمكاً منه في منطقة سرداش وكويسنجق.

النطاق (Zone)

في بعض الحالات التي تستخدم عبارة نطاق لتشخيص وحدات طباقية صخرية فإن عبارة نطاق (Zone) تعتبر غير رسمية، ومن الأمثلة على ذلك نطاق الانتاج، نطاق معدني، نطاق معادن ثقيلة. لذا فإن النطاق يصبح شكلاً متميزاً يختلف عما حوله وقد يشمل جزءاً أو جميع أجزاء الطبقة (Bed)، أو عضو (Member) أو تكوين (Formation).

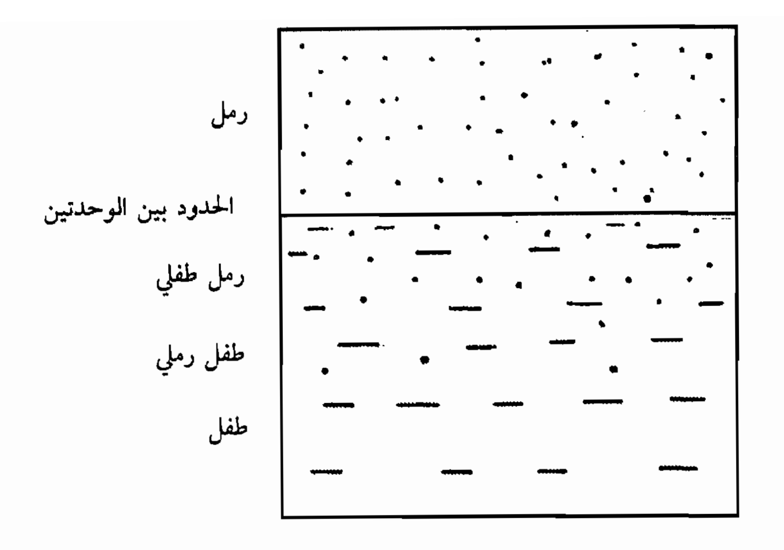
حدود الوحدات الطباقية الصخرية

توضع حدود الوحدات الطباقية الصخرية في المواقع التي يظهر فيها تغير في الصفات الطبيعية. لذا فالحدود توضع في مناطق الاتصال المتميزة أو توضع بشكل اعتباطي في مناطق تدرج الصفات الصخرية.

إن الحدود العمودية والجانبية يستند تشخيصها على الصفات الصخرية فقط والتي تمثل أكثر الحدود تعبيراً عن تجانس تلك الوحدة الصخرية وفائدتها العملية.

حدود الوحدات الطباقية الصخرية في تعاقب متدرج

نعني بذلك تغير وحدة صخرية إلى وحدة ثانية جانبياً أو عمودياً نتيجة للتدرج بينهما أو التلاسن بين نوعين أو أكثر من الصخور. فعلى سبيل المثال إذا كانت هناك طبقة من الطَفَل (Shale) تقع فوق وحدات متداخلة من الحجر الجيري والطفل. فإن الحد يوضع فوق أعلى طبقة مشخصة من الحجر الجيري. بينما إذا كانت هناك طبقة من الطَفَل تتدرج إلى الأعلى إلى طبقة من الحجر الرملي فإن الحد بين الوحدتين يكون اعتباطياً ويوضع في أعلى حد يظهر فيه الطفل. ومن الأفضل اعتماد الحد الأعلى لظهور وحدة صخرية كأساس في تشخيص حد الوحدة الأعلى وعدم اختيار الحد الأسفل (لاحظ الشكل (2 ـ 2)).



شكل (2 ـ 2)
تشخيص الحدود بين طَفَل يتدرج إلى حجر رملي

التسمية حين تتغير السحنات

عندما تتغير وحدة صخرية جانبياً إلى وحدة ثانية سواءً كان ذلك بتغير تدريجي أو مفاجئ نتيجة تلاسن فإن من المفضل أن يتم اختيار اسم جديد للسحنة الجديدة... وترسم الحدود بينهما بشكل اعتباطي... وحينما تكون منطقة التغير التدريجي أو التلاسن بين وحدتين واسعة جداً فإن الطبقات ذات الصخور الممتزجة أو المتداخلة يمكن أن تعتبر وحدة ثالثة مستقلة عن الوحدتين الأساسيتين.

الحدود المشخصة بطرق ميكانيكية

إن زيادة استخدام الطرق الجيوفيزيائية والجيوكيميائية وتقنيات تشخيص المعادن قد أدى إلى حصول مشاكل في حالة وجود صفات مشخصة بتلك الطرق. والمستويات الدالة «Marker horizons» التي تستند على السجلات الميكانيكية قد تتطابق مع حدود الوحدات الطباقية الصخرية وتعتبر عاملاً إضافياً

في تحديدها، ولكن في حالة تقاطع (عدم تطابق) حدودها مع حدود الوحدات الطباقية الصخرية... فإن الوحدات المشخصة بهذه الطرق (الجيوفيزيائية، الجيوكيميائية... الخ) تعتبر وحدات غير رسمية.

عدم التوافق (Unconformities) والفجوات (Hiatuses)

في حالة وجود تعاقب لصخور ذات صفات صخرية متماثلة وتحوي على عدم توافق في داخلها فإنها تعتبر وحدة طباقية صخرية واحدة ولا تفصل إلى وحدتين طباقيتين صخريتين بسبب عدم التوافق. وتوصي اللجنة الفرعية العالمية للتقسيم الطباقي بأنه في حالة وجود فجوات (Hiatuses) بدرجة حين (Epoch) أو دهر (Era) تفصل بين وحدتين طباقيتين صخريتين فإن من المفضل عدم جمعهما في وحدة صخرية واحدة حتى لو كانت الفروق الصخرية بينهما قليلة... إلا أننا نجد بأن أساس التقسيم الطباقي الصخري هو الصفة الصخرية لذا فإنه في حالة عدم وجود أية فروق طبيعية واضحة في الحقل بين الطبقات الصخرية فإن من غير المفضل الاعتماد على الفجوات (Hiatuses) كأساس للتفريق بين الوحدات الطباقية الصخرية.

إن عبارة «Hiatus» لاتينية الأصل وهي لكلمة «hiare» ومعناها يفغرُ فمه (يفتح فمه) أو يتثائب.

وفي علم الطبقات فإنها تطلق على الفترة الزمنية الجيولوجية غير الممثلة في العمود الطباقي بأية صخور. وعدم التمثيل هذا قد يكون نتيجة لعدم ترسيب الصخور مثلاً أو نتيجة لتعريتها بعد الترسيب وهي تُمَثَّل عادة بسطوح عدم التوافق في معظم النشريات. إلا أن البعض كما في كتاب «Lexique»[1] عبروا عن فترات

---

(1) عبارة «Lexique» فرنسية وبالإنكليزية «Lexicon» وهي تعني معجم أو قاموس للكلمات مع معانيها. وفي علم الطبقات فقد صدرت عدة نشريات تحت هذا الاسم (Lexique Stratigraphique International) تحوي أسماء التكاوين في تلك الأقطار بشكل متسلسل حسب الأحرف الأبجدية. وأحد هذه النشريات صدر عن مؤتمر جيولوجي عالمي يحوي أسماء التكاوين في العراق وصفاتها بشكل متسلسل.

فقدان المواد الرسوبية بفراغات واسعة (لاحظ الشكل (2 ـ 1 و 2 ـ 3)) وهي كما قلنا لا تتواجد في الحقل بشكل فراغات بل إن الطبقات العليا تقع فوق التي تحتها أو بجانبها مباشرة ولكنها استخدمت بهذه الصورة لتوضيح الفترة الزمنية التي لم تُمثل بأي ترسيب.

بينما يعبر آخرون عن سطوح عدم التوافق برموز تشير إلى ذلك السطح.

أقسام الوحدات الطباقية الصخرية

إن أقسام الوحدات الطباقية الصخرية الرئيسية ابتداءً بأعلى وحدة هي:

مجموعة	Group
تكوين	Formation
عضو	Member
طبقة	Bed

ونبدأ بالتكوين (Formation) لأنه الوحدة الأساسية.

التكوين (Formation)

هو الوحدة الأساسية من وحدات التقسيم الطباقي الصخري، وهو وحدة رسمية، بل هو الوحدة الرسمية الوحيدة المستعملة في تقسيم العمود الطباقي (Stratigraphic column) في جميع أنحاء العالم إلى وحدات لها تسميات على أساس صفاتها الصخرية.

والتكوين هو كتلة من الطبقات الصخرية التي تجمع أو توحد وذلك لأنها متكونة من صفة صخرية أو مجموعة الصفات الصخرية السائدة فيها. والتي تميزها عن الطبقات المجاورة لها.

فقد يحوي التكوين بين حدوده العليا والدنيا صخوراً ذات نوع واحد، أو تكراراً لنوعين أو أكثر من الصخور أو أن تكون مكوناته الصخرية متباينة جداً في نوعيتها ولكنها تشكل بحد ذاتها مجموعة صخرية متميزة عن الصخور التي تجاورها (لاحظ الشكل (2 ـ 1 و 2 ـ 3)).

شكل (2 ـ 3)

مضاهاة الوحدات الطباقية في العراق وبعض الأقطار المجاورة

(المصدر Arabian Gulf)

مخطط مضاهاة التشكيلات للعراق ومنطقة الاتفاقية الإيرانية والكويت والمملكة العربية السعودية

تسمية التكوين

إن هناك طريقتين لتسمية التكوينات، الأولى يكون الاسم فيها مكوناً من كلمتين (أو مقطعين)، الكلمة الأولى هي «اسم» لموقع جغرافي ملائم قريب من المقطع النموذجي (Type section) للوحدة المسماة، والكلمة الثانية هي عبارة «تكوين».

مثال:

تكوين كولوش (Kolosh Formation)

فعبارة كولوش تشير إلى مدينة في شمال العراق

والكلمة الثانية هي «تكوين» (Formation)

الطريقة الثانية في تسمية التكوين هي إضافة الصفة الصخرية للتكوين ـ إذا كان التكوين ذا صفة واحدة سائدة ـ بين الكلمتين السابقتين ونعني بهما الاسم الجغرافي وعبارة تكوين.

مثال:

تكوين عقرة الجيري Aqra Limestone Formation.

فقد أضيفت هنا عبارة «جيري» «Limestone» وهي الصفة الصخرية السائدة لتكوين عقرة. وعند ذكر أسماء تكاوين في تقارير أو في خرائط توضيحية من الممكن أن تختصر عبارة Formation فتكتب .Fn أو .Fm.

وهناك أمثلة على تسميات خاطئة لتكاوين في العراق وهي بحاجة إلى إعادة نظر فيها وإعادة تسميتها حسب «قوانين التسميات الطباقية» منها مجموعة فارس (Fars Group) التي تحوي التكاوين التالية:

تكوين فارس الأعلى (Upper Fars Formation)

تكوين فارس الأوسط (Middle Fars Formation)

تكوين فارس الأسفل (Lower Fars Formation)

حيث أن هذه التسميات استخدمت في إيران لأول مرة عام 1918م ثم أدخل استعمالها في العراق.

وفي عام 1965 قام كل من جيمس ووايند (James & Wynd 1965) بتبديل هذه التسميات في إيران فأصبحت كما يلي:

تكوين آغا جاري (Agha Jari Fn.) سابقاً تكوين فارس الأعلى.

تكوين ميشيان (Mishan Fn.) سابقاً تكوين فارس الأوسط.

تكوين قاج سران (Gachsaran Fn.) سابقاً تكوين فارس الأسفل.

كما أدخل تكوين رزاق (Razak Fn.) وهذا التكوين عبارة عن طبقة حمراء غير متبخرة لمناطق إيران الداخلية وهو يكافئ تكوين قاج سران التبخري (Evaporitic) ضمن مجموعة فارس (Fars Group).

وأبدلت في العراق التسميات غير الرسمية (Al- Rawi et al., 1992) فأصبحت كالآتي:

التسمية القديمة للتكوينات		التسمية الحديثة للتكوينات	
البختياري الأعلى	(Upper Bakhtiari)	باي حسن	(Bai Hassan)
البختياري الأسفل	(Lower Bakhtiari)	المقدادية	(Mukdadia)
الفارس الأعلى	(Upper Fars)	إنجانة	(Injana)
الفارس الأسفل	(Lower Fars)	الفتحة	(Fat'ha)

سمك التكوين

ليس هناك قياسات أساسية يشترط أن يكون فيها سمك التكوين حين استحداثه. بل إن استحداثه يتم بناء على درجة فائدته العملية للجيولوجيين في الحقل سواء أكان مكشفاً صخرياً (Outcrop) أم تحت السطح.

وأن يكون سمكه بالدرجة التي تسمح بوضعه على الخريطة. ولما كانت مقاييس الرسم متباينة في الخرائط الجيولوجية، لذا فإن مدى الفائدة العلمية من الاستحداث تعتبر هي الأساس. وفي الوقت الذي ذكرت فيه اللجنة الطباقية الأمريكية بأن سمك التكوين ليس عاملاً أساسياً في استحداث التكوين إلا أنها ذكرت بأن إمكانية وضعها على الخريطة وبمقياس 1 : 25,000 يعد عاملاً في الاستحداث.

فالتكوين الواحد قد يتغير سمكه من 2000 متر مثلاً إلى سمك رقيق جداً.. كما نجد في كافة أنحاء العالم تكاوين أحدها بسمك 4 أمتار مثلاً يجاوره تكوين آخر بسمك 1000 متر.

في العراق هناك أمثلة على هذا التباين في سمك التكاوين. فتكوين عليجي سمكه حوالي 164م وأحمدي سمكه 444م وعقره 739,5م.

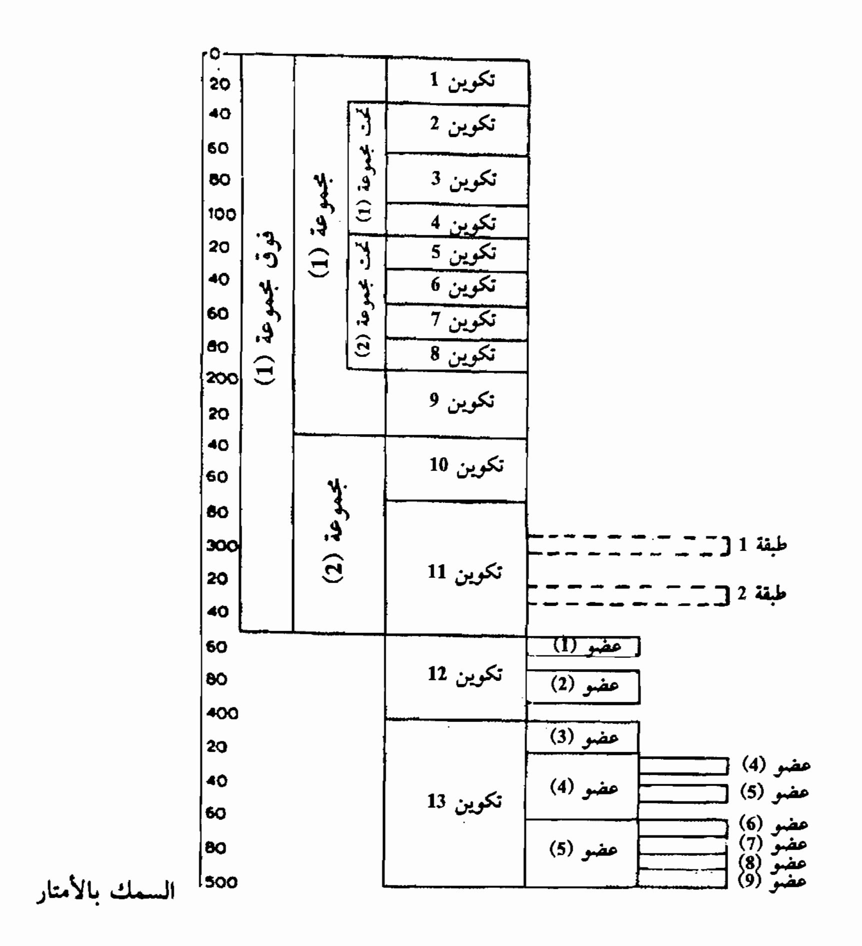
لقد ذكرنا بأن التكوين هو الوحدة الأساسية في تقسيم الوحدات الصخرية وهناك وحدات أخرى أعلى وأوطىء من التكوين، فالوحدات الأوطأ (الأصغر) هي العضو.

العضو (Member)

هو وحدة طباقية صخرية أصغر من التكوين (Formation) تتميز بصفة صخرية (فيزيائية). وبالامكان تقسيم التكوين إلى أعضاء (Members) وذلك إذا لوحظ ضمن التكوين الواحد صفات صخرية (طبيعية) تبرر هذا التقسيم. والشرط الآخر لاستحداث الأعضاء (Members) هو مدى الأهمية لهذا التقسيم في الحقل ورسم الخرائط الجيولوجية.

لا توجد شروط خاصة بسمك العضو، إلا أن حدود العضو يجب أن تكون ضمن تكوين معين. فالتكوين قد يقسم إلى أجزاء وكل جزء يعتبر عضواً وقد لا يقسم التكوين إلى أعضاء... أما العضو فمن الضروري أن يكون جزءاً من تكوين رسمي محدد.

العضو (Member) يمكن أن يحوي على طبقات (Beds). (لاحظ الشكل (2 ـ 4)) فهو يمثل مقطع نموذجي تخيلي بسمك 500م. مقسم إلى (13) تكوين.



شكل (2 ـ 4)

شكل تخطيطي لتقسيمات مقطع تخيلي إلى وحدات طباقية صخرية

(المصدر Eysinga, 1970)

التكوينات من 1-11 تشكل «مجموعتين» [Group (2), Group (1)]. ضمن Group (1) يلاحظ «تحت مجموعتين» [Subgroup (2), Subgroup (1)] تشتمل على التكوينات 2, 3, 4 و 5, 6, 7, 8 على التوالي. والمجموعتان المذكورتان تشكلان معاً «فوق مجموعة» [Supergroup (1)].

التكوينات من (1-10) لم تقسم إلى وحدات رسمية أصغر. بينما التكوين (12) قسم جزئياً، أجزاء منه شخصت كأعضاء (Members). التكوين (13) قسم برمته إلى أعضاء. التكوين (11) لم يقسم إلى أعضاء، بينما قسم إلى طبقتين متميزتين أسميتا بصورة رسمية (Bed1 و Bed2).

الأعضاء (Members) (1), (2), (3) لم تقسم إلى وحدات أصغر. العضو (4) قسم جزئياً إلى طبقتين سميتا رسمياً (Bed 4 و Bed 5). العضو (5) قسم كلياً إلى طبقات سميت رسمياً (Bed 6 - Bed 9).

استحداث عضو

حين استحداث عضو (Member) لأول مرة يجب أن نختار له مقطعاً نموذجياً (Type section) وموقعاً جغرافياً (Type Locality).

تسمية العضو

حين تسمية عضو لأول مرة يستعمل اسم لموقع جغرافي قريب من المقطع الأنموذج، ويأتي بعد الاسم الجغرافي عبارة «عضو» (Member).

وإذا كان تشخيص الصفة الصخرية مهمّاً فقد تدخل الصفة الصخرية بين الاسم الجغرافي وعبارة عضو (Member).

مثال من العراق

«عضو ساتينا المتبخر» (Satina Evaporite Member)

وهو جزء من «تكوين جيازيري الجيري» (Chia Zairi Limestone Fn.) الذي يرجع عمره إلى البرمي المتأخر.

وقد يقسم العضو إلى وحدات أصغر وكل وحدة هي طبقة (Bed).

الطبقة (Bed)

هي أصغر وحدة من الوحدات الطباقية الصخرية. . . وهي تتميز بصفاتها الصخرية (الفيزيائية).

وهي عبارة تطلق اعتيادياً على الصخور المطبقة (layered) التي يتراوح سمكها من سنتمتر واحد إلى عدة أمتار. وتلك الطبقات (layers) التي يقل سمكها عن سنتمتر واحد تسمى رقاقات «laminae».

إن استحداث طبقة يجب أن يكون ضمن الحاجة المفيدة لاستحداث الطبقة في الحقل. وحين تسميتها بشكل رسمي يجب أن يكون لها مقطع نموذجي (Type section) أيضاً.

تسمية الطبقة

إذا أردنا تسمية طبقة بشكل رسمي نستخدم اسماً لموقع جغرافي قريب من المقطع النموذجي، ثم الصفة الصخرية المميزة ثم عبارة طبقة (Bed).

مثال: Plummer Coal Bed

طبقة بلَمَر الفحمية

إن جميع الوحدات الصخرية التي هي أعلى من الطبقة تضم طبقة أو عدة طبقات... ولا يشترط أن يقسم العضو أو التكوين إلى عدة طبقات بل من الممكن أن يختار الجيولوجي طبقة واحدة إذا كانت متميزة بصفتها الصخرية ويطلق عليها تسمية رسمية ويترك الأجزاء الأخرى (الطبقات الأخرى) من التكوين أو العضو بدون تسمية رسمية.

وإن الطبقة التي تسمى بشكل رسمي يمكن أن تعبر حدود العضو (Member) أو التكوين التي هي جزء منه إلى تكوين أو عضو آخر دون أن يتغير اسم الطبقة إلى اسم جديد.

وقد تستعمل عبارة طبقة بشكل اعتيادي في التقارير. ولا تكون التسمية حينذاك رسمية كأن نقول «كطبقة من الحجر الجيري».

الطبقة الدالة، الطبقة المتميزة (Key bed, Marker bed)

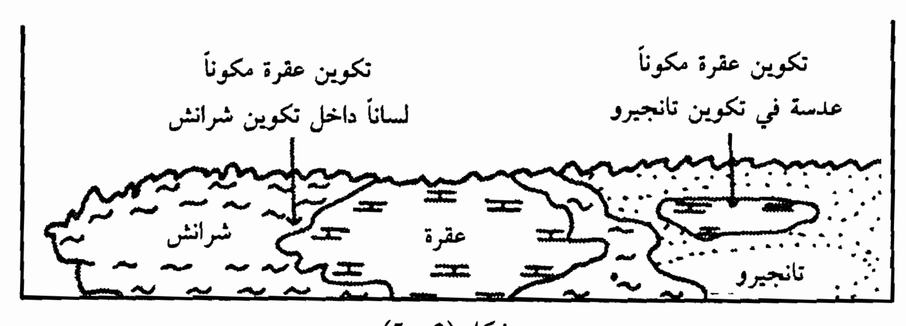
طبقة صخرية متميزة بصفة صخرية أو أية صفة طبيعية أخرى كاللون مثلاً

وتكون ذات فائدة خاصة في المضاهاة (Correlation) أو كمؤشر للرجوع إليه في الحقل عند أي تعاقب طبقي. وبالامكان تعقبها خارج حدود التكوين أو العضو التي هي جزء منه.

العدسة (Lentil) واللسان (Tongue)

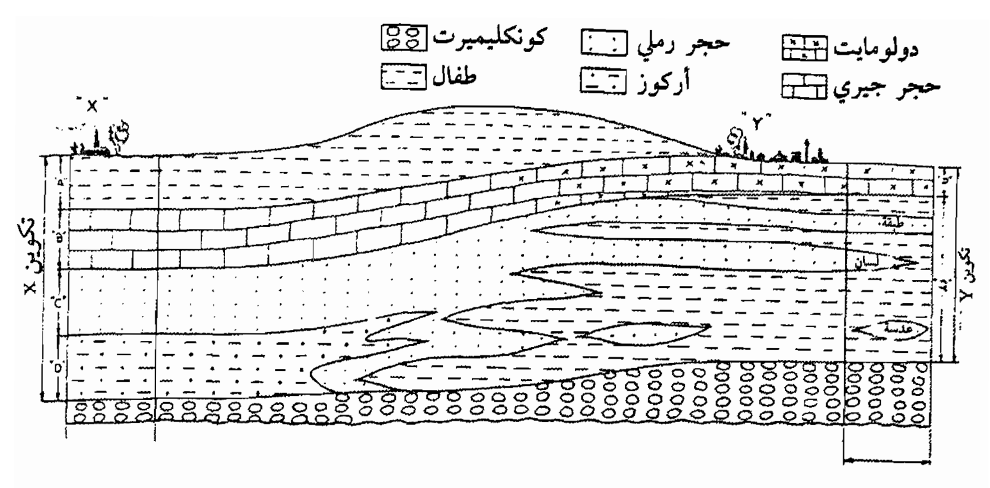
العدسة (Lentil) واللسان (Tongue) هي وحدات صخرية تمثل أشكالاً خاصة من التكاوين (Formations) أو الأعضاء (Members).

العدسة هي جسم صخري (تكوين أو عضو) بشكل عدسة توجد داخل صخور أخرى تختلف بالمكونات الصخرية وتحيط بها من كل جانب (لاحظ الشكل (2 ـ 1 و 2 ـ 5)). واللسان هو امتداد لوحدة صخرية بشكل لسان خارج نطاق تلك الوحدة ويتداخل مع وحدة صخرية أخرى مختلفة عنها بالمكونات الصخرية. لاحظ الشكل (2 ـ 1) حيث نلاحظ تكوين عقرة بشكل عدسة داخل تكوين تانجيرو، وبشكل لسان داخل تكوين شرانش. إن اللجنة الفرعية العالمية للتقسيم الطباقي تعتبر العدسة واللسان وحدات غير رسمية بل إنها أشكال لوحدات طباقية صخرية (شكل (2 ـ 6)).



شكل (2 ـ 5)

تخطيط يوضح أشكال العدسة واللسان لبعض التكاوين في شمال العراق.



شكل (2 ـ 6)

مقطع تخيلي لمنطقة ما، يظهر الفروقات في الصفات الصخرية
بين تكوينين اشتملا على رسوبيات تكونت في نفس الوقت

في الموقع «X» شخص المقطع النموذجي للتكوين «X» وسمي نسبة إلى الموقع الجغرافي «X» وقسم إلى أربعة أعضاء (Members) هي [«A», «B», «C», «D»] لكل منها صفة صخرية مميزة.

في موقع آخر «Y» على بعد عدة أميال شرق الموقع «X» وبنفس الصيغة السابقة فإن تكوين «Y» سمي نسبة إلى الموقع الجغرافي «Y» وقسم إلى عضوين «P» و «Q».

ما بين «X» و «Y» تغيرت السحنات الصخرية. فالحجر الجيري للعضو «B» التابع لتكوين «Y» تغير تدريجياً إلى دولومايت العضو «P» التابع لتكوين «Y». والعضو الطيني «Q» التابع لتكوين «Y» احتوى على ثلاثة وحدات من الحجر الرملي هي طبقة (bed)، لسان (tongue) وعدسة (lentil) والتي تمثل امتداداً للعضو الرملي «C» العائد لتكوين «X».

المجموعة (Group)

وحدة طباقية صخرية تأتي أعلى من التكوين في التقسيم الطباقي الصخري،

والمجموعة (Group) تشمل تكوينين أو أكثر تجمعهما صفات صخرية (فيزيائية) مشتركة. إن الغرض من توحيد مثل هذه التكاوين هو إظهار العلاقة الطبيعية بينها. ويُفيد استحداث مجموعة في رسم خرائط ذات مقياس رسم صغير على سبيل المثال 1سم: 5كم.

تسمى المجموعة باستعمال اسم جغرافي مع عبارة مجموعة. مثال من العراق: مجموعة كركوك (Kirkuk) وهذه المجموعة تحوي 9 تكاوين.

مجموعة كركوك

الأوليجوسين	خلف ـ حيد	أمام ـ حيد	البحر المفتوح
الأوليجوسين العلوي	تكوين عنة الجيري	تكوين أزقند الجيري	تكوين إبراهيم
الأوليجوسين الأوسط	تكوين باجوان الجيري	تكوين بابا الجيري	تكوين تارجيل
الأوليجوسين الأسفل	تكوين شوراو الجيري	تكوين شيخ علاس الجيري	تكوين بلاني

أما الصفات الصخرية لتكوين إبراهيم فهو حجر جيري مارلي كلوبجراني يحوي على جنس كلوبجرانية (Globigerina)، وأما تكوين تارجيل وبلاني فهو حجر جيري مارلي متأثر بالتدلمت.

لذا فإن الصفات العامة للتكاوين متقاربة وهي أنها مكونة من الحجر الجيري الذي يشكل الصفة الصخرية السائدة.

وإذا كانت التكاوين ضمن المجموعة الواحدة ذات صفة صخرية متميزة فلا مانع من استعمال الصفة الصخرية، فتكون التسمية في هذه الحالة اسماً جغرافياً ثم صفة صخرية ثم عبارة مجموعة.

وقد لا تحوي المجموعة على نفس التكاوين في جميع المناطق الجغرافية المتواجدة فيها. مثال: «مجموعة الوسيع» (Wasia Group) تضم تكاوين غير متماثلة في جنوب العراق وجنوب شرق الكويت.

التكاوين في جنوب العراق

مشرف، رميلة، أحمدي، وارا، مودود، نهر عمر.

التكاوين في جنوب شرق الكويت

ماكوا، أحمدي، وارا، مودود، بركان

المقطع النموذجي

لا يوجد للمجموعة مقطع نموذجي (Type Section) بل إن المقاطع النموذجية الأصلية للتكاوين التي تضمها المجموعة تعتبر كافية.

التغير في درجة الوحدة الطباقية الصخرية

إن تضيق تكوين في مجموعة أو عدة تكاوين في مجموعة يعد مبرراً لتبديل مستوى الوحدة الصخرية من مجموعة إلى تكوين محتفظاً بالتسمية الأولى.

مثال:

نفترض بأن هناك مجموعة باسم «مجموعة دهوك» مكونة من تكوينين. وتضيّق أحد التكوينين بحيث اختفى جانبياً وبقي تكوين واحد واضحاً.. عند ذاك يبدل اسم «مجموعة دهوك» إلى «تكوين دهوك».

وإذا كان هناك تكوين قد استحدث ثم قسم بعد ذلك إلى وحدتين أو أكثر بدرجة تكوين. فإن التكوين الأصلي مع اسمه يرفع مستواه إلى درجة مجموعة.

مثال:

نفترض بأنه استحدث تكوين جديد باسم «تكوين الموصل» (Mosul Fn.) عام 1970 من قبل أحد الجيولوجيين وفي عام 1980 وبعد دراسة مستفيضة قام جيولوجي آخر - أو نفس الجيولوجي الأول - بتقسيم تكوين الموصل إلى وحدتين كل منهما بدرجة تكوين - نفترض أن اسمي التكوينين الجديدين هما تكوين المشراق وتكوين حمام العليل - فيبدل اسم التكوين السابق وهو «تكوين الموصل»

إلى «مجموعة الموصل» (Mosul Group) وتشمل المجموعة الجديدة تكويني المشراق وحمام العليل.

إن رفع درجة الوحدة الطباقية الصخرية أفضل من إطلاق الاسم القديم على جزء من حدودها السابقة. لأن تغير الدرجة يساعد على إبقاء الاسم الجغرافي الأصلي.

فوق مجموعة (Supergroup)

إذا كان هناك حاجة إلى وحدات طباقية صخرية أعلى من المجموعة وذلك للإشارة إلى أن عدة «مجاميع» (Groups) أو «تكاوين ومجاميع» ذات صفة صخرية واضحة ومشتركة فإن العبارة «فوق مجموعة» (Supergroup) قد تستعمل لهذه الوحدات المجمعة سوية شكل (2 ـ 4).

تحت مجموعة (Subgroup)

حدد جيولوجيو علم الطبقات في بعض المناطق عدة تكاوين ضمن مجموعة وأطلقوا على هذه التكاوين اسم «تحت مجموعة» (Subgroup). شكل (2 ـ 4).

ويكون استحداث «تحت مجموعة» لاحقاً لاستحداث التكاوين والمجموعة ويكون الأساس في هذا الاستحداث أن «تحت المجموعة» الواحدة تنظم تكاوين ذات صفات صخرية متقاربة تميزها عن غيرها.

تسمية الوحدات الطباقية الصخرية.

إن اسم الوحدة الطباقية الصخرية يجب أن يتكون من اسم موقع جغرافي ملائم مع اسم يمثل درجة الوحدة الطباقية الصخرية (مجموعة، تكوين، عضو، طبقة) أو اسم النوع الصخري الرئيسي المميز لتلك الوحدة... وإذا وجدت وحدتان تتدرجان جانبياً في صفاتهما الصخرية فالجزء الذي يمثل تداخل الوحدتين يمكن أن يشار له باسم الوحدتين تفصلهما شارحة أو شَرطة (ـ)، حتى يتقرر اعتبار ذلك الجزء تابعاً لأحد الوحدتين أو استعمال اسم ثالث مستقل.

فعلى سبيل المثال لو كان تكوين تانجيرو يتدرج جانبياً في مناطق واسعة إلى تكوين شرانش فالمناطق التي تمثل تداخل التكوينين يشار لها بالصورة التالية:
تكوين تانجيرو ـ شرانش .Tanjero - Shiranish Fn

وفي حالة عدم وضوح الحدود العمودية بين وحدتين أو وجود شك في أن طبقة صخرية تعود إلى الوحدة السفلى أو العليا فيستخدم اسم الوحدتين أيضاً وبينهما خط مائل (/) وأحياناً شارحة أو شرطة (ـ).

مثال من العراق:

إن الحدود بين تكويني بخمة (.Bekhme Fn) وعقرة (.Aqra Fn) غير محددة بصورة دقيقة في بعض المناطق الشمالية، لذا فإن الباحثين حين دراسة حدود الوحدتين يشيرون إليهما بالشكل التالي: (.Bekhme- Aqra Fn). ورسمت الحدود بين الوحدتين ببعض المقاطع الطباقية بشكل خطوط مقطعة دلالة على عدم دقة موقع الحد (لاحظ الحدود بين تكوين بخمة وعقرة في أعلى الشكل (2 ـ 1)).

مصدر الاسم الجغرافي

إن الاسم الجغرافي يجب أن يكون مظهراً طبيعياً أو اصطناعياً تقع فيه أو بالقرب منه الوحدة الطباقية الصخرية بأفضل صورة.

إن اشتقاق الأسماء من مواقع جغرافية غير ثابتة كالمزارع أو أبنية كالمدارس أو تقاطع طرق تعتبر غير ملائمة تماماً ولكن يمكن قبولها في حالة عدم توفر مرجع جغرافي أفضل.

الاستغناء عن جزء من الاسم

إذا كان تكرار الاسم بشكل كبير يؤدي إلى ملل القارئ، فإن شطب جزء من الاسم لن يؤثر على وضوح ما يقصده الكاتب. وبالامكان شطب جزء من الاسم بعد استعماله مرة واحدة بصورة كاملة، مثال:

يمكن أن نستعمل عبارة «البرلنكتون» أو «التكوين» أو «الجيري» بدلاً من برلنكتون الجيري «Burlington Limestone» أو «تكوين برلنكتون» (Burlington Formation).

استخدام عبارة صخرية بسيطة

حينما ينوي الجيولوجي استخدام صفة صخرية مع اسم الوحدة الطباقية الصخرية فمن المفضل أن يستخدم اسماً لصفة صخرية بسيطة مثال (جيري، رملي، طفلي... الخ). ومع ذلك فاستخدام اسمين مثل «رملي طفلي» أو استخدام صفة يعد ممكناً إذا كان الاستخدام سيؤدي إلى الدلالة على التكوين.

الأحرف الكبيرة

إن الأحرف الأولى من أسماء الوحدات الطباقية الصخرية باللغة الأجنبية يجب أن تكون كبيرة (Capital) مثال «تكوين كولوش» (Kolosh Formation) (لاحظ الحرفين K و F).

والمعلوم أن ذلك لا ينطبق على اللغة العربية لأنه لا توجد في لغتنا أحرف كبيرة (Capital letters) أو صغيرة (Small letters). كما هو موجود في اللغة الانكليزية.

تغيير أسماء المظاهر الجغرافية

إن تغيير اسم المظهر الجغرافي لا يؤدي إلى تغيير اسم الوحدة الطباقية الصخرية التي سميت نسبة إلى اسم المظهر الجغرافي الأولي. مثال: إذا سمي تكوين نسبة إلى اسم مدينة ثم غير اسم المدينة بعد ذلك فإن اسم التكوين لا يتبدل باسم المدينة الجديد بل يبقى التكوين محتفظاً باسمه نسبة إلى اسم المدينة الأول.

اختفاء المظهر الجغرافي

إن اختفاء المظهر الجغرافي لا يؤدي إلى تغيير اسم الوحدة الطباقية

الصخرية التي سميت نسبة إليه، مثال تمت تسمية تكوين باسم قرية هي ثورمان (Thurman) في ولاية بتسبرج في أمريكا ثم أزيلت تلك القرية. . . فإن اسم الوحدة الطباقية الصخرية التي سميت باسم تلك القرية يبقى ولا تبدل إلى اسم جديد.

الأسماء في أقطار مختلفة ولغات مختلفة

إن الطريقة التي يتهجأ بها الاسم الجغرافي كجزء من اسم وحدة طباقية صخرية في البلد الذي يقع فيه المقطع النموذجي (Type locality) يجب أن لا يغير إلى اسم مكافئ له وباستعمال كلمات أخرى في لغة ثانية.

مثال: عبارة كوجيلو «Cuchillo» هي كلمة اسبانية تعني سكين ويجب أن لا تترجم بالانكليزية إلى سكين (Knife). . . ولكن من الملائم ترجمة الصفة الصخرية فقط.

الحدود السياسية

إن اسم الوحدة الطباقية الصخرية لا يتغير حين امتداد تلك الوحدة إلى بلد ثانٍ مجاور له. . . فهناك في العراق العديد من الأمثلة على وحدات طباقية صخرية شخصت في أقطار مجاورة وبقت في العراق محتفظة بنفس التسمية. . . فتكوين جركس (Gercus Formation) مشخص في تركيا ويمتد داخل العراق بنفس التسمية وكذلك «تكوين دمام» (Dammam Formation) مشخص في السعودية ومتواجد بنفس التسمية في جنوب العراق.

الخطوات المستخدمة لاستحداث وحدة طباقية صخرية رسمية.

إن استحداث وحدة طباقية صخرية بصورة رسمية يستلزم النشر في أحد الأوساط العلمية المعترف بها وذلك النشر يجب أن يحوي على:

1 ـ إشارة من الباحث إلى قراره (نيته) في استحداث وحدة رسمية.

2 ـ اختيار اسم للوحدة نسبة إلى موقع جغرافي.

3 ـ وصف الوحدة في المنطقة النموذجية (Type area) مع تحديد موقع المقطع النموذجي (Type section) ويشتمل تحديد المقطع النموذجي على:

(أ) تحديد الموقع مع تعليق عام عليه.

(ب) الوصف الجغرافي بشكل تفصيلي (وترفق خرائط، صور جوية... الخ).

(جـ) الوصف الجيولوجي بصورة تفصيلية، مع المقاطع النموذجية للحدود، المقطع النموذجي المرجعي، طبيعة الوحدات المجاورة، العلاقات الطباقية.

(د) وصف حدود الوحدة بصورة تفصيلية، مع المقاطع النموذجية للحدود، المقطع النموذجي المرجعي.

(هـ) توضيح لمنشأ وأصل صخور تلك الوحدة والسحنات البيئية.

4 ـ الصفات المميزة للوحدة الطباقية الصخرية والمظاهر العامة للمنطقة.

5 ـ ذكر الحدود الطباقية وعلاقتها مع الوحدات الأخرى.

6 ـ شكل وأبعاد الوحدة إلى أقصى ما يستطيعه الباحث توضيحاً لمنشأ صخور تلك الوحدة والسحنات البيئية.

7 ـ العمر الجيولوجي والمضاهاة.

8 ـ المصادر والمراجع المستخدمة.

9 ـ تاريخ الوحدة.. ويقصد بها الأسماء غير الرسمية التي أطلقت على تلك الوحدة وأسماء الباحثين الذين أطلقوها وتاريخ استخدام تلك الأسماء قبل تسميتها بصورة رسمية.

مثال: تكوين بلاني (Palani Formation)

استحدث تكوين بلاني في عام 1956. وقبل هذا التاريخ (في عام 1948) أطلق باربر (Barber) على صخور بلاني اسم الحجر الجيري الكلوبيجيرايني (Globigerinal Limestone). ثم جاء بعده بيكر (Baker) وأطلق على نفس الصخور في عام 1953 اسم الحجر الجيري والمارلي الكلوبيجيرايني

(Globigerinal Limestone & Marl). وفي عام 1954 أطلق عليها دانيل (Daniel) الرمز G0/1.

في عام 1956 قام فان بلين (Van Bellen) باستحداث اسم تكوين لنفس الصخور الموصوفة من قبل باربر وبيكر ودانيل وسماها «تكوين بلاني» (Palani. Fm.).

إن الملاحظة الأساسية التي نوردها في مجال استحداث الوحدة الطباقية الصخرية الجديدة هي أن توصف وتحدد بشكل واضح جداً من قبل الجيولوجي... بحيث يستطيع أي شخص بعده أن يستدل على تلك الوحدة بدون أي شك.

وتذكر الأسباب العلمية التي دعت الجيولوجي إلى تمييز الوحدة الجديدة، كما يوصف المظهر الجغرافي الذي سميت الوحدة الجديدة نسبة إليه.

الاضافات الضرورية لوحدات مستحدثة تحت السطح

إن الوحدات الصخرية تحت السطح تعطى أسماء رسمية في الحالات التي يكون من المفيد جيولوجياً إعطاء تلك التسمية وحينما تكون تلك الوحدة تحت السطح مختلفة من الناحية الطبيعية عن الصخور المكافئة لها بالعمر في السطح.

وحين اقتراح اسم جديد لوحدة تحت السطح فإن المنجم أو البئر الذي تقع فيه الوحدة الصخرية يصبح «الموقع النموذجي» (Type locality) والمعلومات الاضافية في هذه الحالات هي:

1 - تحديد الموقع النموذجي للبئر أو للمنجم تحريرياً وترفق معه خريطة تبين ذلك الموقع.

مثال من العراق

تكوين خورمالة في العراق أعطيت المعلومات عن المقطع النموذجي له في كتاب «Lexique» بالشكل التالي:

الموقع: بئر شركة نفط العراق (I.P.C) رقمها K- 114 وتقع في الإحداثيات خط عرض 15,50 56 °45 شمالاً

وخط طول 21,78 45 °43 شرقاً ما بين الأعماق المحفورة 3225 قدماً و3860 قدماً وارتفاع موقع البئر 1185 قدماً وأكمل حفرها في 1954/6/31. (لم نرفق خريطة بالموقع في كتابنا هذا إلا أن الخرائط الجيولوجية لمنطقة كركوك مثبت عليها موقع البئر K-114).

2 ـ تثبت سجلات النماذج الصخرية (Sample logs) في البئر أو الآبار كما يرسم مقطع عرضي للمنجم.

3 ـ تؤخذ السجلات الكهربائية (Electrical logs) أو السجلات الميكانيكية الأخرى، ومن المفضل أن ترسم سجلات بتلك الوحدة من عدة آبار. وتوضع حدود وتقسيمات الوحدة الصخرية على مقياس كبير بالشكل الذي تتوضح فيه الحدود ومحتويات الوحدة بشكل تفصيلي.

4 ـ موقع النماذج المحفوظة من تلك الوحدة الصخرية سواء أكانت هذه النماذج من فتات الصخور (Cuttings) أو اللباب (Cores) وتوضع بشكل يسهل الرجوع إليها وتحفظ عادة في دوائر المسح الجيولوجي أو الجامعات أو المتاحف.

النشريات المقبولة

سبق أن أشرنا إلى أن أحد الشروط في استحداث وحدة طباقية صخرية هو نشر الاسم الجديد في دورية معترف بها، وسنتطرق إلى المقصود بالنشريات المقبولة.

إن من الصعب تعريف «النشريات المعترف بها في الأوساط العلمية». وقد اعتبر توفر تلك النشرة في الوسط العلمي وسهولة الحصول عليها هو العامل الرئيسي في تحديدها بغض النظر عن أعداد النشرة أو وسيلة النشر. فالنشرة المعترف بها هي تلك التي من الممكن الحصول عليها إما عن طريق الطلب الشخصي أو بواسطة دور النشر.

لذا فإن أية نشرة تصدر بصورة دورية وبأعداد مرقمة ومتسلسلة تؤدي هذا الغرض علماً بأن هناك نشريات قد لا تكون دورية إلا أنها تعتبر من النشريات المقبولة ومنها التي تصدر بشكل فردي أو بشكل دوري غير منتظم. ويفضل في هذه الحالة الأخيرة أن يشير الجيولوجي إلى استحداث الوحدة في نشرة قطرية علمية.

إن الأسماء المقترحة في أوساط غير رسمية أو نشريات محصورة في مجال ضيق، مثل الرسائل أو تقارير الشركات السرية أو أطروحات الماجستير والدكتوراه، لا تعتبر من وسائل النشر المعترف بها كوسط علمي تعطي الأولوية فيها للناشر.

كما أن الرقيقة (المايكروفيلم) والنشر في الجرائد أو المجلات التجارية لا تعتبر نشريات مقبولة في هذا المجال.

الإشارة إلى أسماء سبق أن نشرت

إن على المؤلفين الاشارة إلى النشريات القطرية أو المحلية التي تحوي على الأسماء الطباقية وتبين ما إذا كان اسم الوحدة الجديدة قد استخدم سابقاً أم لا... وسجلات كهذه يجب أن تحفظ من قبل جميع الأقطار والولايات التي فيها دراسات جيولوجية... وإن أفضل مصدر يرجع إليه لمعظم الأقطار في مجال أسماء الوحدات الطباقية هو أعداد النشرية «معجم الطبقات» (Lexicon of Stratigraphy). وقد صدر عن العراق نشرة تحوي أسماء جميع التكاوين في العراق في إحدى هذه النشريات وعنوانها الكامل هو:

Lexique Stratigraphique International,
Vol. III, ASIE, Fascicule 10a, IRAQ, 1959.

للمؤلفين فان بلن (Van Bellen) وَ دننجتون (Dunnington) وَ وتزل (Wetzel)، وَمورتن (Morton).

وهذه النشرية صدرت بعد المؤتمر الجيولوجي العالمي الذي عقد في المكسيك عام 1956.

والمؤلفون الذين ذكرناهم كانوا جيولوجيين في شركات النفط الأجنبية العاملة في العراق قبل تأميم النفط.

أسماء الوحدات السطحية وتحت السطحية

بالامكان أن تجرى مضاهاة بين وحدات قد تمت تسميتها وتقع تحت السطح مع وحدات تمت تسميتها تقع على السطح إذا كانت هناك صفات مميزة خاصة بكل وحدة.. أما إذا كانت الصفات المميزة لهما متقاربة إلى درجة يجد الجيولوجي فيها عدم ضرورة تقسيمهما إلى وحدتين منفصلتين فيتبع أسلوب الاعتماد على الأولوية في تسمية الوحدتين حيث يحتفظ باسم الوحدة المنشور أولاً (إذا كانت طريقة التسمية والنشر وغيرها من الشروط تنطبق وتسمية وحدة طباقية صخرية).. ويسقط اسم الوحدة الطباقية الصخرية الثانية، وينسحب نفس اسم الوحدة الأولى على الثانية أيضاً.

مثال:

أطلق جيولوجي اسم «تكوين عين زالة» على مقطع تحت السطح في أحد آبار عين زالة وتمت مقارنته بتكوين آخر على السطح بعمر مقارب له اسمه «تكوين بطمة». لوحظ بأن كلا التكوينين متشابهان، وكان «تكوين بطمة» قد استحدث أولاً وتنطبق عليه كافة شروط استحداث وحدة طباقية صخرية في هذه الحالة يطلق اسم تكوين بطمة للاشارة إلى تكوين بطمة كما أنه يستعمل للاشارة إلى تكوين عين زالة الجديد وتسقط التسمية «تكوين عين زالة» من الاستعمال.

قانون الأولوية في التسميات

إن قانون الأولوية في استخدام التسميات على الوحدات الطباقية الصخرية هو المعول به حين الإبقاء على التسمية الصحيحة. ويقصد به الأولوية في النشر ومن الضروري التقيد بقواعد الأولويات في التسميات العلمية عموماً.

وأحياناً يبقي الجيولوجيون على تسمية ليست لها الأولوية ولكن لأنها استخدمت بشكل أكبر ومعروفة أكثر من سابقتها. كما ليس من المفضل أن

نستخدم نفس التسمية على وحدة صخرية سبق أن استخدمت تلك التسمية على وحدة صخرية قبلها.

إعادة النظر في تقسيم تسمية الوحدات الطباقية الصخرية

(أ) إن إعادة تعريف ووصف وحدة طباقية صخرية بدون تغيير اسم الوحدة يتطلب اتباع التعليمات وتقديم المبررات كما لو كانت الوحدة جديدة.

إن إعادة التعريف ممكنة في حالة التغييرات البسيطة في الحدود مما يؤدي إلى جعل حدود الوحدة أكثر طبيعية وفائدة من الأولى.

وعندما يؤدي إعادة النظر في طبيعة الوحدة الصخرية إلى إزالة (إسقاط) جزء من الوحدة الصخرية فإن التسمية الأولية تبقى لتشمل الجزء الأكبر من تلك الوحدة.

(ب) عندما تقسم وحدة أصلية إلى وحدتين أو أكثر بنفس الدرجة (المستوى) كتقسيم تكوين إلى تكوينين، فإن الاسم الأصلي يجب أن لا يستخدم للاشارة إلى أي جزء جديد من التقسيم.

والمفضل في هذه الحالة أن ترفع درجة التسمية الأولى إلى مرتبة أعلى. فعلى سبيل المثال إذا قسم تكوين معين إلى تكوينين جديدين فالمفضل أن يرفع اسم التكوين الأولي ليصبح اسماً لمجموعة (Group).

(جـ) إن تغيير الوصف الصخري لوحدة طباقية صخرية لا يستلزم تغيير الاسم الجغرافي له.

(د) إن تغيير مستوى (درجة) الوحدة الطباقية الصخرية لا يستلزم إعادة تعريف حدود تلك الوحدة أو تغيير الجزء الجغرافي من الاسم، لذا فمن الممكن أن يبدل عضو (Member) إلى تكوين (Formation) أو بالعكس، أو أن ترفع درجة تكوين إلى مجموعة (Group). والعكس بالعكس. كما أن من الممكن أن يختلف مستوى وحدة صخرية في منطقة عنها في منطقة أخرى، كأن يصبح «تكوين» في إحدى الولايات الأمريكية «مجموعة» في ولاية أخرى.

(هـ) إذا كان تغيير درجة الوحدة في منطقة واحدة فإن من المفضل تغيير درجة

الوحدة بدون تغيير مكونات الوحدة من الصخور. مثال ذلك، تكوين ماديسون الجيري في ولاية مونتانا أصبح فيما بعد مجموعة ماديسون ويحوي عدة تكاوين.

(و) عند تغيير درجة الوحدة الصخرية لا يجوز استعمال نفس التسمية (الاسم الجغرافي) على الوحدة الصخرية بعد تغيير درجتها وعلى جزء منها. فعلى سبيل المثال لا يجوز أن تحوي «مجموعة استوريا» على «تكوين استوريا» أو «عضو استوريا».

(ز) إن تغيير الوصف الصخري (اسم الصفة الصخرية) في وحدة طباقية صخرية لا يتطلب اسماً جغرافياً جديداً... إن مبدأ الأسبقية يجب أن لا يمنع الجيولوجي من تحديد أكثر دقة للصفة الصخرية إذا كانت الصفة الصخرية لا تنطبق على الوحدة في جميع الأماكن التي تظهر فيها... على سبيل المثال، استعمال عبارة «جيري» لوصف صخور «كالينا الجيري» (Galena Limestone) قد لا ينطبق الوصف على بعض المواضع، لذا فقد غيرت إلى «دولومايت» حتى لو كان المقطع النموذجي (Type section) قد وصف بصورة صحيحة وكان جيراً.

إما إذا لاحظ الجيولوجيون أن عبارة «الجيري» لا تنطبق على التكوين في كل مكان وكان تغير صخور التكوين كبيراً جداً، أي في مناطق ظهرت بأنها دولومايت وفي أماكن أخرى احتوت على طَفَلْ، فيفضل أن تستعمل عبارة تكوين بعد الاسم الجغرافي بدون ذكر الصفة الصخرية وتصبح بذلك «تكوين كالينا».

الوحدات الطباقية ـ الترابية (Soil - Stratigraphic Units)

الوحدة الطباقية الترابية هي عبارة عن تربة ذات صفات فيزيائية وعلاقات طباقية بالشكل الذي يسمح لها بالتشخيص الثابت وإمكانية وضعها على الخريطة كوحدة طباقية.

الوحدات الطباقية ـ الترابية تتميز عن كل من الوحدات الطباقية ـ الصخرية

والوحدات الترابية (Pedologic Units)[1].

وتختلف الوحدة الطباقية ـ الترابية عن الوحدة الطباقية ـ الصخرية بأن الأولى تتكون معظم أجزائها موضعياً في الوحدات الطباقية ـ الصخرية التي تقع تحتها، والتي قد تختلف عنها بمكوناتها الصخرية وعمرها. بالإضافة إلى ذلك فإن الصفات المميزة للوحدات الطباقية ـ الترابية هي كونها ناتجاً لعمليات التعرية السطحية وتأثير الأحياء في أوقات لاحقة وأنها تكونت تحت ظروف بيئية مستقلة عن تلك التي سادت حين تكون الصخور الأم (الأصلية).

وتختلف هذه الوحدات عن تقسيمات التربة (Pedologic) في أن العلاقات الطباقية هي العنصر الأساسي في تحديد الوحدة الطباقية ـ الترابية، ولكن العلاقات الطباقية غير مهمة في تحديد أقسام التربة. إن الوحدة الطباقية الترابية قد تحوي واحدة أو أكثر من تقسيمات التربة أو أجزاء منها.

إن الوحدة الطباقية ـ الترابية يجب أن تحدد على أساس الصفات الفيزيائية الواضحة والعلاقات الطباقية في الموقع النموذجي. ويمكن تمديدها إلى الحدود التي يمكن فيها ملاحظتها، وحدودها يمكن أن توضع في مناطق الاتصال أو في أنطقة التدرج. كما أنه من الضروري معرفة امتدادات هذه الوحدة جانبياً كما أن تشخيصها لا يعتمد على التاريخ الجيولوجي. وهذه الوحدات قد تكون موازية أو تقطع مستويات الزمن الجيولوجي.

إن التقسيم الوحيد للوحدة الطباقية ـ الترابية هو التربة (Soil) وإن اختيار أسماء الوحدات الطباقية ـ الترابية يتم استناداً إلى التعليمات التي تحكم طريقة تسمية الوحدات الطباقية ـ الصخرية ويجب أن لا تتعارض تسمياتها مع أسماء الوحدات الأخرى.

(1) معنى Pedology ـ العلم الذي يتعلق بالتربة ومنشئها وصفاتها واستخداماتها.

وحدات المناخ ـ الجيولوجي (Geologic- Climate Units)

إن «وحدة المناخ ـ الجيولوجي» (Geologic- Climate Unit) هي أحد أحداث المناخ الواسعة الانتشار التي يستدل عليها من تقسيم صخور الرابع (كواترنري) (Quaternary). وتحدد بواسطة السجلات التي خلفتها صخور تلك الفترة الجيولوجية وهي عبارة عن كتل من الصخور، والتربة والمواد العضوية... وفي أية منطقة تتواجد فيها هذه الوحدة فإن حدودها الزمنية ترسم حسب محتوياتها من الوحدات الطباقية... هذه الحدود الطباقية قد تكون متساوية في المنطقة الواحدة، ولكن الحدود الطباقية المختلفة التي تحدد الوحدة الزمنية الجيولوجية في عدة مواقع مختلفة حسب خطوط العرض التي توجد فيها لا يحتمل أن تكون أسطحاً ذات عمر واحد... وفي هذا المجال تختلف وحدات المناخ الجيولوجي عن وحدات الزمن الجيولوجي التي تستند على وحدات طباقية زمنية.

إن الموقع الذي توصف فيه وحدة المناخ الجيولوجي لأول مرة يعتبر الموقع النموذجي (Type locality).

والوحدة منها تمتد جغرافياً إلى أي مدى يمكن فيه تشخيص سجل «المناخ الجيولوجي» بغض النظر عن تغير سحنة الصخور والتربة أو أية صخور أخرى تمثل مكونات ذلك السجل.

الغاية من هذه الوحدات

تستعمل وحدات المناخ ـ الجيولوجي للأغراض التالية:

1 ـ مضاهاة أحداث ترسبات صخور الكواترنري في مناطق مختلفة.

2 ـ تحديد تعاقب الأحداث بشكل تاريخي في الكواترنري.

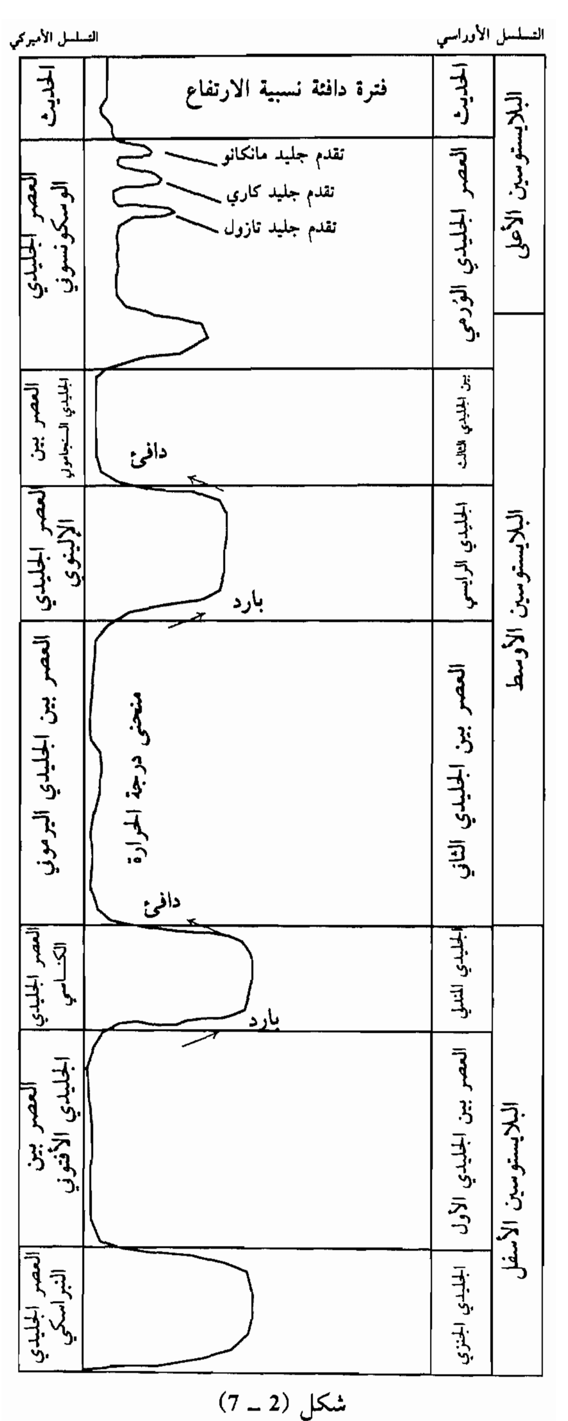
وسنتطرق إلى بعض المصطلحات ذات العلاقة بهذا الموضوع شكل (2 ـ 7).

فترة جليدية (Glaciation): هي حدث له علاقة بالمناخ وخلال هذه الفترة تكونت كميات كبيرة من الجليد وتقدمت إلى أقصى مدى لها ثم تراجعت.

فترة بين جليدية (Interglaciation): هي الفترة التي لم يكن المناخ خلالها ملائماً للتقدم الكبير في الثلاجات كما في حالة مناخ الفترة الجليدية.

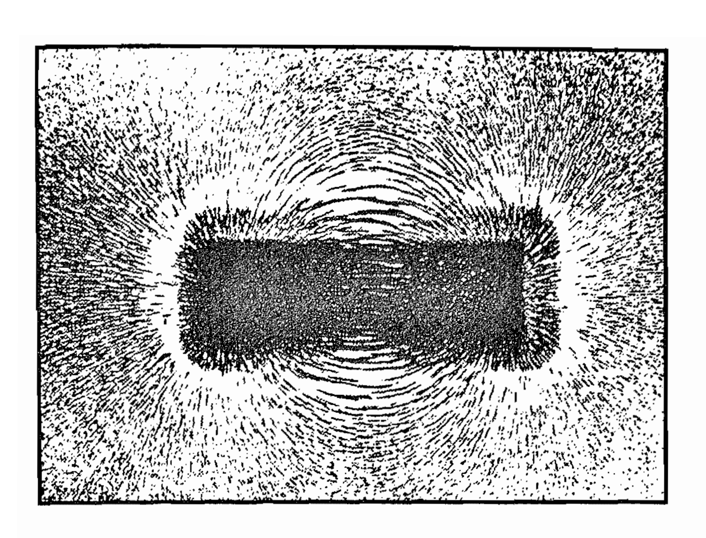
ستيد (Stade): هي أحد التقسيمات الثانوية للفترة الجليدية (Glaciation) الذي حصل خلاله تقدم ثاني (ثانوي) في الثلاجات.

انترستيد (Interstade): أحد التقسيمات الثانوية للفترة الجليدية الذي حصل خلاله تراجع ثانوي أو توقف في الجليد.

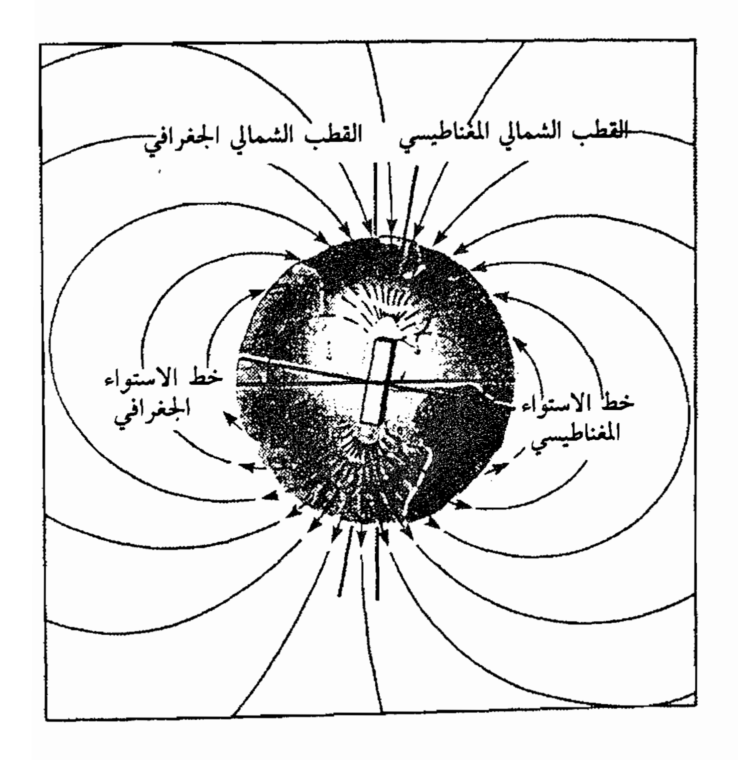


شكل (2 ـ 7)

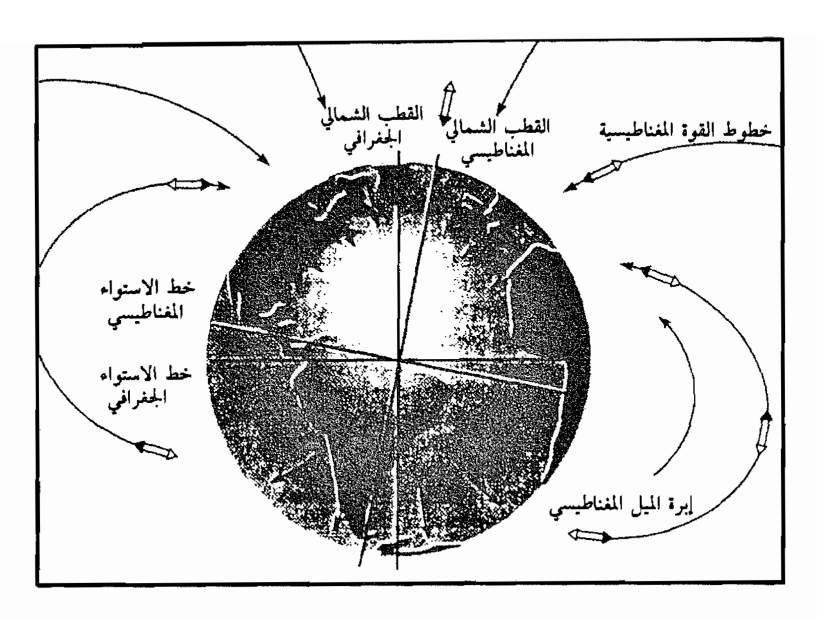
فترات تقدم وتراجع الجليد في العصر الجليدي



شكل (2 ـ 8)
يوضح انتظام برادة الحديد حول قضيب مغناطيسي



شكل (2 ـ 9)
المجال المغناطيسي الأرضي



شكل (2 ـ 10)
الأقطاب الجغرافية والمغناطيسية

الوحدات الطباقية المغناطيسية (Magnetostratigraphic Units)

قبل التطرق إلى تفصيلات المضاهاة باستخدام المغناطيسية القديمة، لا بد من الإشارة إلى طبيعة المجال المغناطيسي للأرض ومغناطيسية الصخور وغيرها من المفردات العلمية ذات الصلة بالموضوع.

إن العمليات التي تشكل المجال المغناطيسي تحدث في لب الأرض حيث حركات السوائل التي تسيرها التيارات مما يشكل ديناميكية تولد المجال المغناطيسي الأرضي ويظهر عموماً بصورة مناظرة لمحور حركة الأرض.

تتعلق المغناطيسية القديمة أساساً بدراسة المغناطيسية المتبقية للصخور (Natural Remanent Magnetization) وتختصر (NRM). وهذه المغناطيسية تتناسب كمية واتجاهاً مع شدة المجال المغناطيسي الأرضي القديم. ولكي نفهم المغناطيسية المتبقية (NRM) لا بد أن نستعرض نبذة مختصرة عن المجال

المغناطيسي الأرضي (Earth magnetic field). فخطوط المجال مرتبة بشكل كأنه قضيب مغناطيسي يمر من خلال مركز الكرة الأرضية وتخرج من القطب الشمالي وتتجه إلى القطب الجنوبي كأي قضيب مغناطيسي له قطبان شكل (2 ـ 8 و 2 ـ 9). إن خطوط المجال المغناطيسي تكون كأنها غلاف مغناطيسي Magnetosphere حول الأرض، ولهذا الغلاف أهمية في حماية الأرض من الأشعة الكونية المؤذية.

وللمجال المغناطيسي ميل عن الأفق بزاوية تسمى زاوية الانحراف (Angle of inclination)، وعلى ذلك فإن قطبي المجال المغناطيسي لا ينطبقا مع مواقع القطب الشمالي والقطب الجنوبي الجغرافيين وتكون بينهما زاوية قدرها 11,5° شكل (2 ـ 10).

ومن مجمل هذه الصفات للمجال المغناطيسي الأرضي فقد ظهر ما يسمى بتطبيقات المغناطيسية القديمة التي تعنى بتوفير أدلة تتعلق بفرضيات أخذت مجالاً واسعاً في البحث مثل زحزحة القارات (Continental drift) وانتشار قاع المحيط (Sea - floor spreading) وتكتونية الصفيح (Tectonics plate). كما تزايد الاعتماد على المغناطيسية في السنوات الحديثة كأداة تركيبية وأداة مقارنة من أجل دراسة وحل مشاكل جيولوجية محدودة.

ولأسباب لم تعرف لحد الآن بصورة واضحة فإن التيارات التي تمر خلال لب الأرض تعكس اتجاهاتها وفي أوقات غير منتظمة. إن هذا التغير الذي يبلغ 180° في المجال المغناطيسي والذي ينطبع على الصخور المتكونة على سطح الكرة الأرضية يعطينا القاعدة الفيزيائية لدراسة «الطباقية القطبية المغناطيسية» (Polarity Magnetic Statigraphy). وحيث أن الانعكاسات المغناطيسية مسجلة بأوقات متماثلة على الصخور المتكونة على جميع المواقع في سطح الكرة الأرضية، لذا فإن الوحدات الطباقية المغناطيسية (Magnetostratigraphic units) تكون أيضاً متوافقة زمنياً في جميع المواقع خلافاً للوحدات الطباقية الصخرية والطباقية الحياتية التي قد تتقاطع حدودها مع الحدود الزمنية وبحسب المواقع.

قدرت الفترة الزمنية التي يحتاجها القطب للتغير من حالة إلى حالة أخرى (الانقلاب) بما يقرب من 5,000 سنة.

واعتاد الجيولوجيون على اعتبار القطبية المغناطيسية طبيعية (Normal) عندما يكون المجال المغناطيسي لسطح الأرض موجهاً نحو الشمال ويكون انحداره أو ميله موجهاً نحو الأسفل في النصف الشمالي من الكرة الأرضية، وموجهاً إلى الأعلى في النصف الجنوبي من الكرة الأرضية.

انحرافات (Excursion)

في الحالات التي لا يحدث فيها انعكاس للأقطاب المغناطيسية فإنها تمر بمرحلة انحرافات في الاتجاهات قيمتها 15 درجة وفترات تتراوح بين 10^2 إلى 10^4 سنة. هذا التغير المغناطيسي (Geomagnetic Secular Variation) صغير جداً مما لا يدع مجالاً للالتباس في اعتباره الانقلاب القطبي الذي يبلغ 180 درجة. ولما كانت فترات هذا الانحراف (Excursion) حوالي 1000 سنة فإنه يعتبر أحد الوسائل الجيدة لاعتباره منطقة دقيقة دالة (marker).

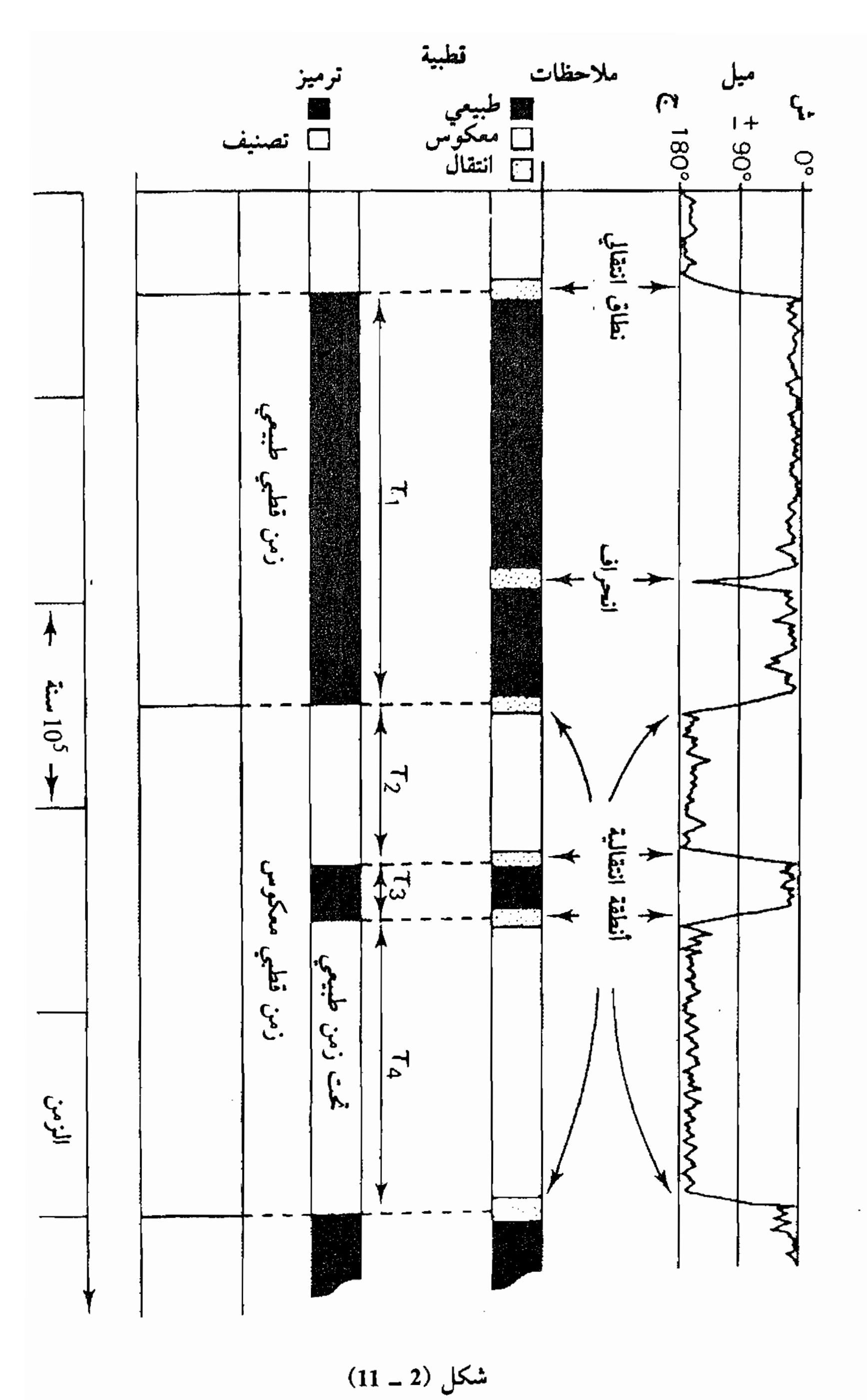
الفترات القطبية

يشار إلى الفترة الزمنية المنقضية بين انعكاسين متتالين باسم «الفترة ـ الفاصلة ـ القطبية» (Polarity interval)، ويتراوح طول هذه الفترة من 0,01 مليون سنة وإلى عشرات الملايين من السنين لاحظ الشكل (2 ـ 11).

أوصت اللجان الطباقية المختصة لوصف تقسيمات الزمن الجيولوجي اعتماداً على القطبية المغناطيسية باستخدام التسميات الآتية:

تحت الزمن القطبي (Polarity subchron)، الزمن القطبي (Polarity chron) وفوق الزمن القطبي (Polarity superchrons).

أما المصطلحات الطباقية الزمنية (الصخرية الزمنية) التي تطلق على الصخور المتكونة خلال تلك الفترات الزمنية سواء أكانت مغناطيسية أم لا فهي بإضافة عبارة نطاق (Zone) في نهاية تقسيم الفترات الزمنية السابقة لتصبح:



شكل (2 ـ 11)

(المصدر Harland et al., 1982)

نطاق تحت الزمن القطبي (Polarity Subchronozone)، نطاق الزمن القطبي (Polarity Chronozone) ونطاق فوق الزمن القطبي (Polarity Superchronzone).

وتستخدم المصطلحات تحت نطاق قطبي (Polarity Subzone) ونطاق (Zone) وفوق نطاق (Superzone) للإشارة إلى الفترات الطباقية الصخرية المغناطيسية (Magnetic Lithostratigraphic Intervals) المشخصة على أساس قياس الخواص المغناطيسية للصخور.

الفصل الثالث

الوحدات الطباقية الحياتية «النطاق الحياتي»

Biostratigraphic Units «Biozone»

الوحدات الطباقية الحياتية (Biostratigraphic Units)

الوحدة الطباقية الحياتية هي طبقة أو مجموعة من الطبقات الصخرية تمتاز بمحتوياتها من الأحافير ـ أو أية صفة أحفورية (بالنتولوجية) ـ المتكونة موضعياً مع الصخور التي تحويها وبذا تفرقها عن الطبقات المجاورة. . .

يقصد بالصفة الأحفورية أنواع الأحافير، كثرتها أو ندرتها، درجة تطورها. . . إن الأحافير وبقاياها سواء أكانت نباتية أم حيوانية منتشرة في الصخور الرسوبية، تعتبر دليلاً مهماً على طبيعة المناخ في الماضي، فضلاً عن فائدتها في تحديد الأنظمة الحياتية والمضاهاة. ولا يشترط في الأحافير أن تكون واضحة للعيان لكي تستخدم في تشخيص الأنطقة الحياتية إذ أن العديد من هذه الأنطقة يمكن استحداثها على أساس محتوياتها من الأحافير الدقيقة (أي التي لا ترى بالعين المجردة بل نحتاج في دراستها إلى المجهر) والتي تستخرج وتصنف بعد أخذ النماذج وغسلها أو بعمل مقاطع رقيقة منها.

إن المتحجرات المستخدمة في تحديد الأنطقة الحياتية هي تلك التي تعود

إلى أحياء عاشت سوية في موقع واحد ثم تجمعت بعد موتها في نفس الموقع، وبمعنى آخر أنها لم تنتقل من موقعها الأصلي.

ثمة مصطلحان الأول «مشتركة الحياة» أو «تجمع الحياة» (بايوسنوس) (Biocoenosis)[1] ويستخدم للدلالة على مجموعة الأحياء التي تعيش سوية كمجموعة ذات علاقة مشتركة، وتسمى المنطقة التي تعيش فيها مجموعة الأحياء المشتركة فيما بينها والمتأقلمة مع تلك البيئة (Biotope). ولتوضيح ذلك فإن قاع البحر على سبيل المثال يقسم إلى عدة مناطق أو «Biotopes» وكل منطقة يشغلها أو يسكنها مجموعة أحياء نسميها «Biocoenosis».

أما المصطلح الثاني فهو «Thanatocoenosis»[2] وقد عربناه إلى «مشتركة الموت» أو «تجمع الموت». وقد اقترح لكي يطلق على مجموعة من الأحياء جمعت سوية بعد الموت.

ويشير المؤلفان كرومباين وسلوس في كتابهما «Stratigraphy & Sedimentation» ص 277 بأن المصطلح الأخير قد استخدمت للتفرقة بين «تجمع الحياة» (Biocoenoses) في أي موقع ترسيبي وبين البقايا التي حفظت فعلاً في ذلك الموقع... إن بعض المتحجرات التي نلاحظها داخل الصخور قد تكون منتقلة إلى هذا الموقع من موقعها الأصلي الذي كانت فيه وقد يكون الانتقال بعدة طرق... فقد تنتقل من الصخور الأقدم إلى الأحدث وذلك نتيجة لعوامل التعرية التي تؤثر على الصخور وتؤدي إلى انتقالها ـ مع محتوياتها من المتحجرات ـ من موقعها الأصلي القديم إلى موقع آخر أحدث من الأول... وقد أطلق على المتحجرات المنتقلة هذه «Reworked fossils».

ويكون دفن المتحجر في صخور أقدم من المنطقة التي عاش بها حياً وذلك

---

(1) الكلمة Biocoenosis مكونة من مقطعين، الأول Bio من الإغريقية ومعناه «حياة» والثاني coeno. أو coen من الإغريقية Koinos ومعناه «مشترك».

(2) الكلمة Thanatocoenosis مكونة من مقطعين، الأول Thanatos وهو من الكلمة الاغريقية Thanato ومعناها «الموت» والثاني -coeno أو -coen وهو من الإغريقية Koinos ومعناها «مشترك».

بنزوله من خلال تشققات الصخور أو نتيجة لقيام الكائن الحي بحفر الصخور والنزول إلى صخور أقدم ثم الموت هناك. وتسمى «الأحافير المتسربة» (Leaked Fossils).

لوحظت أصداف لقواقع عاشت في الدهر السينوزوي داخل صخور تعود إلى الدهرين الميسوزوي والباليوزوي مما يعطي الدليل بأن القواقع التي عاشت في الدهر السينوزوي قد حفرت داخل صخور الدهرين الميسوزوي والباليوزوي. وماتت هناك.

كما أن هناك توقعات بأن إحدى الطرق التي انتقلت بها الأحافير الدقيقة أو الكبيرة من صخور أحدث عمراً إلى صخور أقدم عمراً كان من خلال شقوق أو فجوات أحدثتها المياه وانتقلت تلك الأحافير بواسطة المياه إلى الصخور الأقدم.

إن حالة انتقال الأحافير من صخور أقدم إلى صخور أحدث نتيجة للتعرية هي أكثر حدوثاً في الطبيعة من حالة انتقال الأحافير من صخور أحدث إلى صخور أقدم.

الأهمية الطباقية للمتحجرات

بسبب تعدد المتحجرات وبقاياها وتعقدها وانتشارها فإنها في بعض الحالات التي تكون واضحة للعين المجردة تعتبر صفات صخرية مميزة للطبقات الصخرية.

وكبقايا لأحياء كانت تعيش لفترة زمنية فإنها بالإضافة إلى ما ذكرناه تعتبر دليلاً دقيقاً للبيئة الماضية... وبسبب تطور الحياة بشكل متعاقب وعدم عودة التطور إلى الوراء، فإن للأحافير أهمية خاصة في المضاهاة الزمنية للطبقات ووضعها في موقعها الصحيح نسبة إلى المقياس العالمي للزمن الجيولوجي.

الأحفورة الدالة أو المتحجر الدال (Index Fossil).

إن المتحجر الدال هو ذلك المتحجر الذي له صفة مميزة ومدى زمني قصير (أي عمر جيولوجي قصير) وانتشار جغرافي واسع.. ويعتبر الانتشار الجغرافي الواسع صفة مهمة للمتحجر الدال بالإضافة إلى عمره القصير لأن المتحجر إذا لم يكن ذا انتشار واسع فإن أهميته الطباقية ستكون محصورة بالمنطقة الجغرافية التي وجد فيها فقط.

لذا فالمتحجرات الدالة مفيدة في تشخيص أنطقة معينة وأعمار محددة وفي المضاهاة.

العلاقة بين الوحدات الطباقية الحياتية والوحدات الطباقية الصخرية

إن الوحدات الطباقية الحياتية تختلف أساساً عن الوحدات الطباقية الصخرية لأن الأسس المعتمدة في تشخيص كل منهما مختلفة تماماً عن الأخرى.

وقد تتطابق حدود الوحدتين في بعض المواضع أو تقع في مستويات طباقية مختلفة أو تقطع إحداها الأخرى. وحينما تكون المتحجرات بعدد كبير وواضحة للعيان بحيث يمكن مشاهدتها في الحقل بالعين المجردة، عند ذاك تصبح هذه المتحجرات جزءاً من الصفة الصخرية وتتطابق حدود الوحدتين.. ومن الأمثلة على المتحجرات الظاهرة الحجر الجيري الحاوي على محاريات، كتكوين عقرة الجيري في شمال العراق... والحواجز العضوية وطبقات الفحم.. أما إذا كانت المتحجرات دقيقة فإنها لا تؤثر على مظهر الصخرة الخارجي وتصبح حدودها حسب امتدادات أنواع المتحجرات الموجودة...

وهناك حالة ثانية تتطابق فيها حدود الوحدتين وذلك حينما يكون هناك تغير من بيئة الترسيب حيث ينعكس ذلك بتغير نوعية الصخور المترسبة وكذلك الأحياء التي تعيش في تلك البيئة.

وفي بعض الحالات يؤدي عدم التوافق إلى تطابق حدود الوحدتين أيضاً.

العلاقة بين الوحدات الطباقية الحياتية والوحدات الطباقية الزمنية

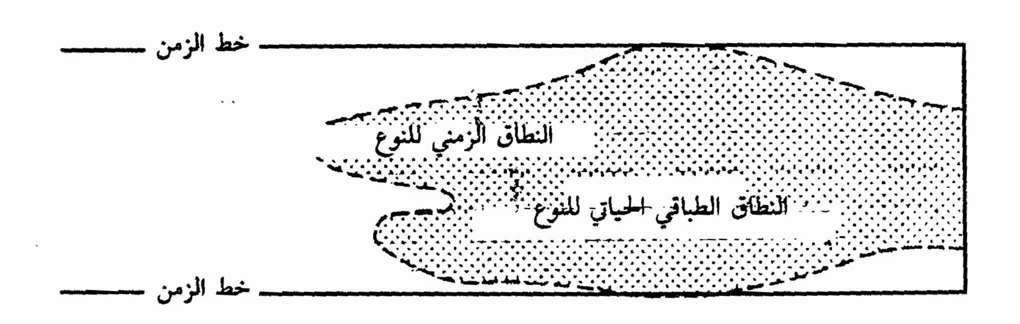
إن الوحدات الطباقية الحياتية تختلف من ناحية المفهوم عن الوحدات الطباقية الزمنية... إن حدود الوحدات الطباقية الحياتية قد تكون محصورة في مدى متحجر معين أو مجموعة من المتحجرات. فإذا كان هذا المتحجر أو هذه المجموعة من المتحجرات مهمة كمتحجرات مرشدة لعمر معين، عند ذاك تتطابق حدود الوحدتين إلا أن معايير تشخيص كل منهما يختلف عن الآخر.

ولما كانت المتحجرات تظهر التغيرات التي تحدث نتيجة للتطور ـ الذي لا

ينعكس إلى الوراء ـ لذا فهي سجل جيد للزمن الجيولوجي. وهي غالباً ما تكون مقاربة بصورة أفضل من غيرها للوحدات الطباقية الزمنية، مما يجعلها إحدى الوسائل الجيدة للتحديد الطباقي الزمني...

إن الفرق الأساسي بينهما هو أن النطاق الطباقي الحياتي يتحدد بالوجود الفعلي لصفة معينة من صفات المتحجرات.. بينما النطاق الطباقي الزمني يميز جميع الصخور المتكونة خلال فترة زمنية معينة من عمر الأرض..

إن المفهومين مختلفان فعلى سبيل المثال، إن نطاق ـ مدى النوع Exus Albus محدود بامتداد نماذج ذلك النوع في الطبقات الصخرية. وفي هذه الحالة سيكون ذلك النطاق نطاق ـ مدى موضعي. بينما من ناحية أخرى فإن «نطاق زمن» النوع Exus albus يشمل جميع الطبقات في مكان ما من الأرض ذي العمر المماثل لامتداد هذا النوع باعتبار «النطاق الزمني» يمثل الامتداد العمودي الكلي» للنوع المذكور بغض النظر عما إذا كانت نماذج هذا النوع موجودة فعلاً في الطبقات أم لا. (لاحظ الشكل (3 ـ 1)).



شكل (3 ـ 1)

مقطع طباقي يظهر العلاقة بين الوحدة الطباقية الحياتية للنوع Exus albus والوحدة الطباقية الزمنية لنفس النوع وهي المحصورة بين خطي الزمن.

إن توزيع نماذج النوع محددة في المناطق المملوءة بالنقاط.

(المصدر ISSC, No.5)

إن حدود النطاق الزمني ـ حسب تعريفه ـ يجب أن تكون في كل مكان متماثلة في العمر (Isochronous) على حين تختلف حدود الوحدات الطباقية الحياتية وذلك لعدة أسباب منها التغير في ظروف الترسيب، اختلاف ظروف حفظ الأحافير، عدم اكتشاف الأحافير، الوقت الذي يحتاجه المصنف حين الهجرة، الاختلافات الموضعية في خطوط التطور وغيرها من العوامل. . . لذا فإن الوحدات الطباقية الحياتية ليست في جميع المناطق متماثلة في العمر.

النطاق (Zone)

يعتبر النطاق، الوحدة العامة الأساسية في التصنيف الطباقي الحياتي. ويعرف بأنه طبقة أو مجموعة طبقات تمتاز بوجود مصنف واحد (Taxon) أو مجموعة مصنفات (Taxa). ويسمى النطاق باسم واحد أو أكثر من المصنفات التي تتواجد في صخورها.

إن عبارة نطاق (Zone) ليست محصورة الاستعمال في الوحدات الطباقية الحياتية لأنها تستخدم في وحدات طباقية أخرى وفي أفرع أخرى من الجيولوجيا فعلى سبيل المثال، نحن نستعمل عبارات نطاق حجر الصوان، نطاق متصلب (ذو درن صخري)، نطاق لفالق نطاق التشبع، ومع ذلك فإن الاشارة إلى الأنطقة الطباقية الحياتية تبقى ذات خاصية متميزة إن لم تكن لها الأولوية. لذا يفضل الاشارة إلى الأنطقة ذات العلاقة بالوحدات الطباقية الحياتية باسم «نطاق طباقي حياتي» (Biostratigraphic Zone) أو اختصاراً باسم «نطاق حياتي» (Biozone) وهذه الطريقة في تسمية الأنطقة يمكن أن تنطبق على تسمية الأنطقة التابعة إلى وحدات طباقية أخرى فتستعمل عبارة «نطاق صخري» «Lithozone» للدلالة على «نطاق طباقي صخري» (Lithostratigraphic Zone) وكذلك «نطاق زمني» «Chronozone» للاشارة إلى «نطاق طباقي زمني» (Chronostratigraphic Zone).

إن تحديد «نطاق طباقي حياتي» يتم استناداً إلى محتويات الصخور من الأحافير فقط بدون الاعتماد على المكونات الصخرية، البيئية، أو مفهوم الزمن.

وقد يعتمد تحديد أي نطاق على جميع محتويات الصخور من الأحافير أو

يعتمد على شعبة (Phylum) واحدة، أو صف (Class) واحد أو رتبة (Order) واحدة. . وهكذا.

لذا فإن من الممكن أن نجد في مقطع واحد عدة أنطقة حياتية متباينة متداخلة الواحدة مع الأخرى وذلك إذا كانت مستندة إلى أحافير مختلفة، كأن يكون أحد الأنطقة قد حدد استناداً إلى الفورامنيفرا وآخر إلى البطنقدميات، وآخر إلى الداياتوم، أو النباتات الأرضية أو مجموعتين أو أكثر من البقايا العضوية. . (لاحظ الشكل (3 ـ 2)).

إن المدى العمودي (الذي يمثل الزمن الجيولوجي) للأنطقة يتباين بحسب امتدادات المصنف، لذا فإن النطاق قد يكون على امتداد طبقة واحدة ذات مصنف أو مجموعة مصنفات متميزة. من جهة أخرى يمكن اعتبار جميع الترسبات العائدة للدهر السينوزوي هي «نطاق الثدييات» أو «نطاق اللبائن» (Zone of Mammals) وجميع ترسبات الميسوزوي تمثل «نطاق الزواحف» (Zone of Reptiles).

الآفاق الحياتية (Biohorizons) أو المستويات الحياتية (Biolevels)

إن هناك مفهوماً أو مصطلحاً طباقياً مهماً جداً وهو «سطح» التغير الطباقي أو «سطح» ذو صفات طباقية متميزة. . وهذا السطح ذو بعدين فقط هما الطول والعرض، إذا ما قورن بالوحدة التي يتواجد فيها وهي ذات ثلاث أبعاد هي الطول والعرض والارتفاع (الزمن).

ولقد أشير إلى هذا المظهر بعدة تسميات منها: سطح. . أفق. . . مستوى. . حَد. . مؤشر. . دليل. .. سطح مرجعي. . طبقة دالة. . . الخ.

وقد يكون هذا المظهر منبسطاً أو سطحاً غير منتظم، وقد يكون حداً لوحدة طباقية أو داخل وحدة طباقية، وقد يكون سطحاً ذا عمر متساوٍ (Isochronons) وقد لا يكون.

السلاسل	المراحل	نطاق الأمونيت	نطاقات مستندة على أحافير غير الأمونيت: رخويات أخرى	شوكيات الجلد	فورامنيفرا
	دانيي	*(Hercoglossa danica)*		*Echinocorys sulcatus*	
الكريتاسي الأعلى	ماستريخي	*Discoscaphites constrictus*	*Belemnitella lanceolata*	*Hemipneustes striatoradiatus*	*Globotruncana conica*
		Bostrychoceras polyplocum			
	كامباني	*Kossmaticeras theobaldianum*	*Belemnitella mucronata*		*Globotruncana arca*
		Hoplitoplacenticeras coesfeldiense			
		Submortoniceras delawarense	*Actinocamax quadratus* ?	*Offaster pilula*	
		Diplomoceras bidorsatum			
	سانتوني	*Stantonoceras guadalupae*	*Actinocamax granulatus*	*Marsupites testudinarius*	*Globotruncana linneiana*
		Texanites texanus		*Micraster coranguinum*	
		Texanites emscheris			
	كونياسي	*Barroisiceras haberfellneri*	*Actinocamax westfalicus*	*Micraster cortestudinarium*	
	طوروني	*Pseudojacobites farmeryi*		*Holaster planus*	
		Prionotropis woolgari		*Terebratula lata*	
		Mammites nodosoides		*Rhynchonella cuvieri*	
		Fagesia superstes			
	سينوماني	*Metoicoceras pontieri*	? *Actinocamax plenus*	*Holaster subglobosus*	*Globotruncana* aff. *appenninica*
		Acanthoceras rhotomagense	?		
		Schloenbachia varians		*Holaster nodulosus*	
		Mantelliceras martimpreyi	*Neohibolites ultimus*	*Cardiaster fossarius*	

شكل (3 ـ 2)

وحدات طباقية زمنية ووحدات طباقية حياتية لأحافير الأمونايت والفورامينفرا وغيرهما.

للكريتاسي الأعلى في أوروبا

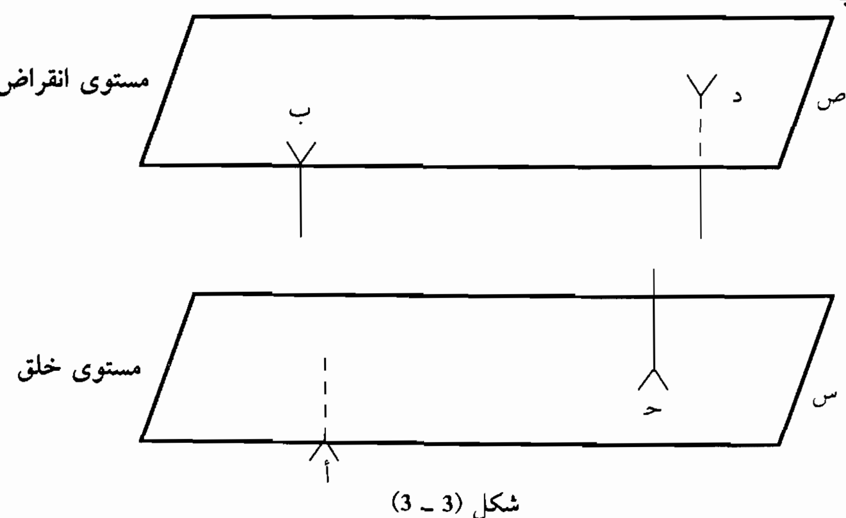
(المصدر Krumbein & Sloss, 1963)

إن هذا السطح عادة هو مظهر طباقي حياتي وفي هذه الحالة يكون من المفيد تشخيصه بأن نبدأ تسميته بالعبارة «حياتي» (-Bio). . . وفضل العديد من الجيولوجيين استعمال عبارة «الأفق الحياتي» (Biohorizon) وما يقابلها في الوحدات الطباقية الأخرى هو «الأفق الصخري» (Lithohorizon) «وأفق زمني» (Chronohorizon). . . الخ.

بينما فضل آخرون استعمال عبارات «مستوى حياتي» (Biolevel) أو «سطح حياتي» (Biosurface). . . الخ.

ربما أكثر المظاهر الطباقية الحياتية المستعملة في هذا النوع هو استخدام أول ظهور مصنف وآخر وجود لمصنف آخر، وهذه الأسطح يشار إليها عادة «كمستويات خلق» «ومستويات انقراض» على التعاقب (لاحظ الشكل (3 ـ 3 و 3 ـ 5)).

إن تحديد أول ظهور واختفاء موضعي للمتحجرات قد يكون بسبب فجوات أو تغير في السحنات. لذا فإن تحديد هذه الأسطح يعتبر مسألة تخضع للاجتهاد الشخصي.



شكل (3 ـ 3)

الآفاق الحياتية أو المستويات الحياتية

السطح س يمثل مستوى خلق لأنه يمثل أول ظهور للمصنف أ ، جـ

السطح ص يمثل مستوى انقراض لأنه لا يمثل نهاية ظهور (انقراض) للمصنف ب، د

إن هناك أسطحاً أخرى من هذا النوع تتميز بتغير أحد المظاهر التركيبية في المصنف الواحد كتغيّر في اتجاه اللفات. اختلاف الحجم. . . الخ.

أنواع الوحدات الطباقية الحياتية

يمكن تقسيم الطبقات إلى أنطقة طباقية حياتية بعدة طرق مختلفة، لذا فهناك عدة أنطقة كل منها قد يكون ذا فائدة تحت ظروف معينة بالرغم من كونها مختلفة في أهميتها الواحدة عن الأخرى. . . لذا فمن الضروري تحديد نوع الوحدة الطباقية الحياتية التي يستعملها الجيولوجي. . . ولما كان «النطاق الحياتي» (Biozone) هو الوحدة الأساسية والأكثر استعمالاً كوحدة طباقية حياتية، فإن أبسط وأفضل عملية هي تحديد الأنواع المختلفة من الأنطقة الحياتية. . .

تقع الأنطقة الحياتية ضمن أربعة أنواع عامة اعتماداً على المظهر أو الصفة التي يود الجيولوجي التأكيد عليها:

1 ـ تلك التي تستند على جمع الطبقات سوية وذلك لأنها تمتاز «بتجميع طبيعي واضح» لمجموعة من المتحجرات المتواجدة وتسمى «أنطقة ـ تجمع» (Assemblage- Zones).

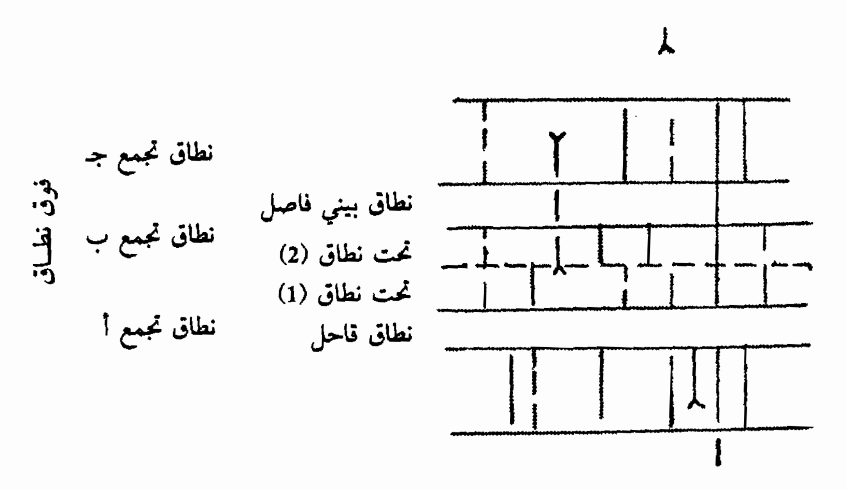
2 ـ تجميع الطبقات سوية لأنها تمثل «المدى الطباقي» لبعض العناصر من التجمع الكلي لأشكال من الأحافير المتواجدة وتصنف «أنطقة ـ مدى» أو «أنطقة ـ امتداد» (Range- Zones).

3 ـ جمع الطبقات سوية وذلك لوفرة أشكال معينة فيها بغض النظر عن تجمعها أو مداها وتصنف أنطقة ـ قمة أو أنطقة ـ ذروة (Peak - Zones or Acme- Zones) وهذه تعتبر أقل أهمية من التقسيمين الأولين.

4 ـ وهناك نطاق رابع ذو استعمال عام يمثل «فترة فاصلة أو فاصلة أو فرجة» (Interval) بين مدى نطاقين حياتيين وسمي نطاقاً فاصلاً (Interval Zone) (لاحظ الشكل (3 ـ 4)) أو نطاقاً بينياً (Interzone).

1 ـ نطاق التجمع (Assemblage - Zone)

الطبقات المتميزة باحتوائها على مجموعة خاصة من الأحافير تميزها عن غيرها من الطبقات من ناحية محتوياتها الأحفورية (لاحظ الشكل (3 ـ 4)).



شكل (3 ـ 4)
أنطقة تجمع، تحت نطاق، نطاق بيني (فاصل)، نطاق فاصل، فوق نطاق.

وينظر إلى هذا النطاق بمحتوياته من «مجموعة الأحافير» وليس «امتداد أحفورة واحدة». والتغير في أنطقة التجمع قد يشير إلى تغير البيئة أو تغير عمر الصخور أو كليهما. ويطلق على النطاق اسم يؤخذ من واحد أو أكثر من الأحافير الموجودة في صخوره.

فعلى سبيل المثال في استعمال اسم مصنف واحد فإن «نطاق تجمع كريبيسفالس (Crepicephalus Assemblage - Zone) لا يتميز بوجود الجنس «Crepicephalus» ولكن بأجناس أخرى من الترايلوبيت التي تتواجد مع الجنس «Crepicephalus» وتشكل «أحافير دالة» (Guide Fossils) لنطاق التجمع...

وليس من الضروري أن يكون الجنس المذكور أو الأحافير الدالة الأخرى محددة بذلك النطاق ولا يشترط أن تكون موجودة في كل جزء من النطاق.

ومن الممكن أن يستخدم اسم مصنفين لتسمية نطاق التجمع - مثال:
Eponides - Planorbulinella Assemblage - Zone

وقد يكون لدينا «نطاق تجمع» لأحافير الحيوانات أو لأحافير النباتات، كما أن هناك أنطقة تجمع ضمن أحافير الحيوانات. فقد نجد نطاق تجمع لأحافير المرجان أو «الفورامنيفرا» أو أنطقة تجمع لأحافير «فورامنيفرا» طافية وأخرى «فورامنيفرا» قاعية. . وهكذا، على الجيولوجي أن يوضح ذلك حين تسمية نطاق التجمع أو خلال الشرح الذي يقدمه في دراسته. . .

وفي كل الحالات فإنها تمثل وحدة متكاملة إما لمجموعة معينة من الأحافير وإما لعدة مجاميع أو كل المجاميع التي توجد في الطبقات الصخرية والتي يفترض أنها إما عاشت سوية، وإما أنها ماتت سوية وفي كل الأحوال فإنها دفنت سوية وبذا فهي تميز فترة معينة من الزمن وامتداداً للطبقات.

ولما كان التجمع يمثل بشكل واضح بقايا لتجمع حياتي مشترك فإن العبارة التي توضح هكذا تجمع هي «نطاق - تجمع سحنة حياتية» (Biofacies Assemblage- Zone).

مثال طباقي (Stratotype)

إن أفضل طريقة في تحديد نطاق حياتي هي بأن نحدد مثالاً طباقياً أو نموذجاً طباقيّاً (Stratotype) وهو مقطع في طبقات صخرية وهذا المقطع يعتبر نموذج التجمع الطباقي الحياتي وفي نظر الباحث الذي استحدث الوحدة يمكن أن يستخدم كمرجع نموذجي في تشخيص نطاق - تجمع في مكان آخر.

إن المقطع المثالي يفيد في تثبيت النطاق وحمايته حين عدم الكفاءة في الوصف العلمي أو عدم كمال جمع النماذج.

حدود نطاق التجمع

ترسم حدود نطاق التجمع فوق «سطوح حياتية» (Biohorizons) تمثل حدود تواجد المجاميع التي تعتبر مميزة للوحدة.

إن الدقة في رسم تلك الحدود تعتمد بدرجة كبيرة على الدقة التي حددت بها الوحدة... ليس من الضروري أن تكون جميع مكونات التجمع الموجودة في المقطع النموذجي موجودة لكي تصنف الطبقات ضمن ذلك النطاق، لذا فإن تشخيص النطاق وحدوده مسألة تخضع إلى حد ما للتحليل والقناعة الشخصية.

أهمية نطاق التجمع

إن نطاق التجمع هو أحد الأنطقة المهمة من الأنطقة الطباقية الحياتية التي تستعمل بكثرة في الدراسات الطباقية.

إنها أنطقة متميزة في الإشارة إلى البيئة وفي تحديد العمر، رغم أنها لا تتحدد بالامتدادات العمودية والجغرافية للمصنفات. وبغض النظر عن أسلوب مناقشة وتحديد هذه الأنطقة فإنها أنطقة محسوسة وتعتبر ذات قيمة عالية في المضاهات المحلية.

ورغم أن أنطقة التجمع من الناحية العملية ذات فائدة موضعية لأنها تعتمد على طبيعية الحياة وهذه بدورها تتغير جغرافياً من محل إلى آخر، إلا أنه لوحظ بأن تجمعات الأحياء البحرية الطافية قد تمتد بصورة متقاربة إلى جميع مناطق العالم ولكن ضمن مدى خطوط العرض.

قد تعيد أنطقة التجمع ظهورها عدة مرات في تعاقب طباقي وبتغير قليل في صفاتها وتعطي الدليل بذلك على عودة البيئة نفسها.. ومن جانب آخر فإنه خلال فترة جيولوجية طويلة تصبح التغيرات التطورية واضحة بشكل يجعل مجاميع الأحافير لعمر معين مختلفة عن مجاميع عمر آخر.

وعلى الرغم من أن جميع الأحافير التي تتواجد في أية منطقة يجب أن ينظر إليها برمتها كمجاميع طبيعية تمثل صفات طباقية حياتية لتلك الصخور، فإن التباين في طريقة تجمع تلك الأحافير مهم في تحديد الوحدة الطباقية الحياتية... فبعض البقايا من الأحافير قد تكون لأحياء عاشت فعلاً في قاع البحر في تلك المنطقة. كما أن بعض البيئات تمثل بيئة الموت والدفن بعد الحياة وليست نفس بيئة حياة الأحياء الأصلية، أي أن الأحياء انتقلت إلى تلك المنطقة بعد الموت. فمن

الممكن أن يستقر بعضها في القاع بعد أن كانت تعيش طافية أو سابحة في المياه التي تعلو القاع ثم استقرت بعد الموت فيه. وأخرى قد تنقل من محلها بواسطة التيارات لتستقر وتدفن في محل آخر. هذه العوامل تجعل من الضروري أن يتأنّى الشخص ويبذل جهداً حين تشخيص وحدة طباقية حياتية.

التسميات المترادفة (Synonymy)

إن نطاق التجمع قد عرف أيضاً باسم نطاق «Cenozone» والمقطع الأول من الكلمة مشتق من الإغريقية «Koinos» وتعني «مشترك أو عام».

إن لهذه الكلمة نوع من الأفضلية لأنها مشتقة من الإغريقية بدلاً من استعمال كلمة مصدرها لغة حديثة كالإنكليزية، إلا أنها ليست العبارة الملائمة للتعبير عن نطاق تجمعي للمتحجرات لذا فإن المصطلح الانكليزي «Assemblage» قد استمر استخدامه.

درجات تقسيم الوحدات الطباقية الحياتية:

الأنطقة الطباقية الحياتية تتباين في سمكها وحجمها في الطبقات التي تحويها. فقد يتراوح سمكها ما بين سمك طبقة واحدة وحتى يصل سمكها إلى عدة آلاف من الأمتار. ومن الأمثلة على الحالة الأخيرة «نطاق ـ مدى الزواحف» أو «نطاقاً ـ مدى الأمونايت».

إن النطاق الحياتي (Biozone) لأي نوع هو الوحدة الطباقية الحياتية الأساسية في هذا التقسيم.. وقد يجمع البعض عدة أنطقة ذات مظاهر طباقية حياتية متماثلة لتشكل «نطاقاً ـ أعلى» (Superzone).

أو قد يقسم النطاق إلى «تحت نطاق» (Subzone) لكي يعبر عن تفصيلات طباقية حياتية أدق... وموضعياً فإن هناك حاجة إلى تقسيمات أقل من (Subzone) وقد استعمل عبارة نُطَيق (Zonule) لهذه الغاية في حالة أنطقة تجمع سحنات حياتية... كذلك فقد اقترح استعمال عبارة «نطاق صغير» (Mini zone).

تحت النطاق (Subzone)

في بعض المناطق قد يكون إجراء عملياً أن نشخص ونحدد وحدات أنطقة حياتية أقل درجة من «نطاق التجمع» وهذه قد تسمى «تحت الأنطقة» (Subzones) وتعرف بأنها تقسيمات ثانوية للأنطقة.

وليس من الضروري أن نقسم جميع الأنطقة إلى «تحت أنطقة» (Subzones). (لاحظ الشكل (3 ـ 4)).

نُطَيق (Zonule)

إن أصغر تقسيم من تقسيمات النطاق (Zone) هو النُطَيق (Zonule)، ويتكون عادة من طبقة واحدة أو طبقات قليلة السمك.

قسم معظم الجيولوجيين النطاق (Zone) إلى وحدات أصغر تسمى «تحت نطاق» (Subzone) وقسم «تحت نطاق» إلى وحدات أصغر هي النُطَيق (Zonule) واستخدم البعض الآخر من الجيولوجيين عبارة نُطَيق (Zonule) كتقسيم أصغر من النطاق أي مقابلاً لـ «تحت نطاق». وقلما يستخدم عبارة نُطَيق.

نطاق الامتداد (أو المدى) (Range- Zone)

هي كتلة الطبقات التي تمثل الامتداد الكلي (Range) لوجود أي مصنف (Taxon) يتم اختياره من بين المجموع الكلي للأحافير الموجودة في تعاقب طباقي... إن عبارة امتداد تتضمن انتشاراً في أي اتجاه كان أفقياً أو عمودياً.

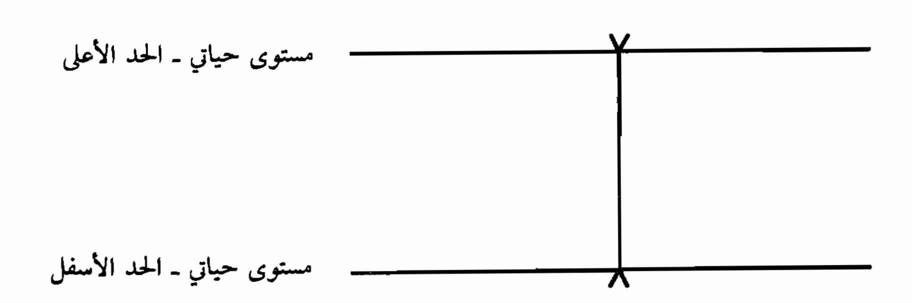
يكون المصنف الذي يتم اختياره وحدة تصنيفية، تحت نوع (Subspecies)، نوع (Species) أو جنس (Genus) أو فصيلة (Family) أو رتبة (Order)... الخ. أو خطاً تطورياً (Lineage) أو جزءاً من خط تطوري أو بعض الصفات الأحفورية الأخرى... ويجب أن يوضح المقصود بالتسمية حين إطلاق الاسم على الامتداد أو في الشرح المرفق مع الدراسة... وفي هذا النوع من الدراسة العلمية يخضع الموضوع إلى اجتهاد الباحث. فهناك من يميل إلى تقسيم المصنفات إلى وحدات صغيرة واستحداث تسميات متعددة وهناك من يميل إلى تجميع المصنفات.

وينعكس ذلك على وحداتهم المسماة وكذلك الدراسات الطباقية المعتمدة على المتحجرات.

إن الزمن الذي يمثل بنطاق امتداد قد يشار له بعبارة «زمن» (Time) أو «قيمة زمنية» (Time value) أو «زمن حياتي» (Biochron).

نطاق ـ مدى ـ مصنف (Taxon- range - Zone)

إن نطاق ـ مدى ـ مصنف هو كتلة الطبقات التي تمثل الامتداد الكلي (الأفقي والعمودي) لوجود نماذج من مصنف (نوع، جنس، فصيلة... الخ) (الشكل (3 ـ 5)). لذا فإن نطاق المدى للنوع Linoproductus cora هو مجموعة الصخور المحصورة بين الحدود الخارجية لمناطق وجود نماذج هذا النوع. ونطاق مدى الجنس Globotruncana هو مجموعة الصخور المطبقة المحصورة بين الحدود الخارجية لمناطق وجود أي نوع من أنواع الجنس المذكور... إن نطاق المدى لمصنف يعين امتداده على مستوى عالمي، إلا إذا حدد الجيولوجي مناطق خاصة. مثال: نطاق مدى النوع Linoproductus cora في أوروبا، أو نطاق مدى النوع Exus albus في مقطع تكوين عقرة.



شكل (3 ـ 5)
نطاق مدى ـ مصنف «أ»

فهناك إذن أنطقة امتداد بعدد الأنواع والأجناس وباقي أقسام المملكة الحيوانية والنباتية. وبامكاننا مثلاً أن نشير إلى نطاق امتداد الزواحف في دهر الميسوزوي بأن نقول نطاق ـ مدى الزواحف (Reptiles Range- Zone) أو (Range - Zone of Reptiles).

حدود نطاق ـ مدى ـ مصنف

هي السطوح (المستويات الحياتية) (Biohorizons) التي تشير إلى الحدود الخارجية لوجود نماذج مصنف في مكان ما ومداه يمثل بذلك النطاق... فالحدود إذن هي التي تمثل نقاط نشوء وانقراض المصنف المعني بالدراسة. ولذا ففي مقطع واحد فإن الحدود هي ببساطة مستويات أول ظهور واختفاء للنماذج في ذلك المقطع... وكلاهما قد يكونان بتأثير البيئة أو وجود فجوات في ذلك المقطع وبذلك فإن الحدود الكلية الحقيقية لنطاق المدى لا يمكن إيجادها إلا بدراسة جميع المقاطع المحلية...

إن الظهور أو الاختفاء المفاجئ لمصنف معين في تعاقب طباقي هو عادة دليل على تأثير بيئة موضعية أو وجود فجوة إلا في الحالات التي يشاهد فيها تدرج من أشكال تمثل أسلاف (الأصل) المصنف في المنطقة السفلى إلى أشكال تمثل السلالات الأخيرة في الأعلى. وبذلك نكون متأكدين بأن الامتداد العمودي بكامله قد تمثل في تلك المنطقة.

إن حدود «نطاق ـ مدى ـ مصنف» معرضة للتغير مع الاكتشافات الجديدة. وهي معرضة للتغير أيضاً بتغير التصنيف (Taxonomy).

نطاق مدى محلي (موضعي) Teilzone و Topozone

استعمل فريبولد (Frebold) عام 1924، وآخرون عبارة Teilzone للإشارة إلى مدى مصنف في أي مقطع معين وذلك لتفريقه عن مداه الكلي أو الكامل.

أما عبارة «Topozone» فقد استخدمها مور (Moore) عام 1957 وقد أوضح مور الأسباب التي دعته إلى استعمال عبارة «Topozone» بدلاً من «Teilzone» بقوله:

«نظراً للاعتراض المقبول على استخدام الكلمة الهجينية (Teil-zone)[1] (والتي تعني حرفياً نطاقاً ـ جزئياً Part- zone) فإن العبارة «Topozone»[2] البسيطة وذات الوضوح من الناحية العملية تعتبر أكثر ملائمة».

وحين استخدامها من قبل الجيولوجي فمن الضروري أن يشير إلى المنطقة المحلية التي يقع فيها امتداد المصنف تحت الدراسة. وحين استخدام الاسم المحلي فإن عبارة نطاق ـ مدى ـ مصنف للمنطقة الفلانية (المدروسة) سيكون كافياً وقد لا يكون من الضروري استعمال عبارات كالتي ذكرناها هنا وهي «Teilzone» و «Topozone».

التسمية والمقاطع المرجعية:

إن نطاق مدى مصنف يسمى نسبة إلى نوعية المتحجر أو المصنف الذي يمثل ذلك النطاق. مثال: Didymograptus Range - zone أو Range - Zone of Mammals أو Globigerina bervis Range - Zone.

إن المرجع النموذجي لنطاق مدى مثل هذا هو «النموذج المثال» (Type specimen) أو نماذج مرجعية (Reference specimens) أو مفهوم حياتي (Biologic concept) للمصنف. ولا توجد حاجة إلى مقطع نموذجي (Stratotype) لنطاق مدى مصنف لأن إدراك هذا النوع من الأنطقة يعتمد كلياً على الفهم الحياتي (العضوي) للمصنف.

وهذا لا يعتمد على أي مقطع خاص للطبقات.. ورغم أن المقطع النموذجي لنطاق مدى يعتبر عملية غير ملائمة لأنها لا تعبر كلياً عن هذا المفهوم، فإن اختيار مقاطع مرجعية لتوضيح المقصود بنطاق المصنف تحت الدراسة يعتبر عملية مفيدة.

---

(1) وردت عبارة «Teil-zone» في نص مور بشارحة (ـ) بين العبارتين «Teil» و «Zone» أما قَصْدُه بأنها عبارة هجينية فلأنها مؤلفة من كلمتين الأولى «Teil» وهي ألمانية وتعني جزءاً. والثانية هي «Zone» وهي إنكليزية وتعني نطاقاً.

(2) Top إما قمة وإما يفصُل أو يُجزئ.. وفي سياقها الحالي فإن مور استخدمها لتعني جزءاً.

اهمية نطاق ـ مدى ـ مصنف:

إن نطاق ـ مدى ـ المصنف يعتبر ذا أهمية من ناحية البيئة إذا كان توزيع نماذج ذلك المصنف تتأثر بالبيئة... كما أن نطاق مدى مصنف يعتبر ذا أهمية كدليل للعمر الجيولوجي وذلك لما تمثله بعض المصنفات من مدى لزمن جيولوجي محدد. لذا فإن وضع طبقة في نطاق مدى الكرايتوليت أو نطاق مدى النوع Miogypsina hawkinsi يضعها في موقع معين من الزمن الجيولوجي.

لقد أطلقت عدة تسميات للإشارة إلى نطاق المدى منها «نطاق حياتي» (Biozone) استعملت من قبل بكمان (Buckman) عام 1902. وكذلك «نطاق الجنس» (Genus - Zone) «ونطاق النوع» (Species - Zone) ويفضل استعمال عبارات «نطاق ـ مدى ـ جنس» (Genus - range - Zone) «ونطاق ـ مدى نوع» (Species - range - Zone) لكي يصبح مدلول التسميات أكثر ملائمة لواقع الدراسة وحسب نوعية الدراسة.

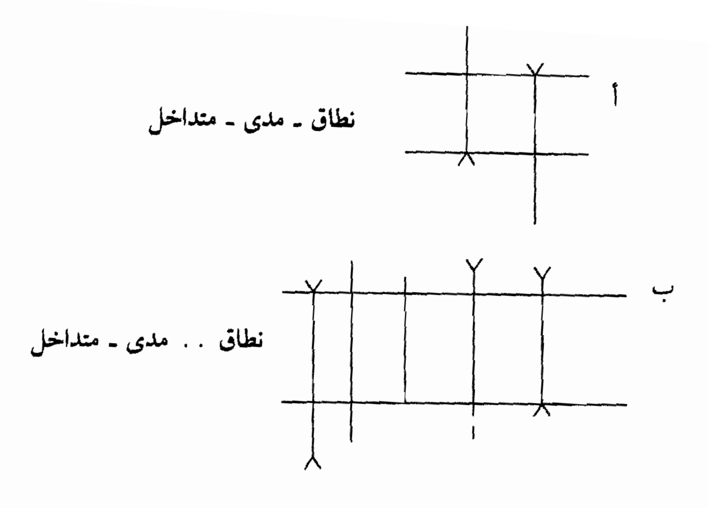
نطاق المدى المشترك (المتداخل) (Concurrent - Range Zone)[1]:

هي المنطقة الصخرية التي تتحدد باشتراك أو تطابق أنطقة امتدادات مصنفين أو أكثر. ويشار له أيضاً باسم «نطاق مدى ـ متداخل» (Overlap - Range Zone) وهذا النوع من الأنطقة الحياتية يعتبر أهم الأنطقة في تحديد العمر الجيولوجي، وفي الدراسة الطباقية الزمنية (شكل (3 ـ 6)).

إن هذا النطاق لا يستند على التواجد الطبيعي لجميع الأشكال (أو جميع الأشكال التابعة لأحفورة واحدة) والتي طمرت سوية في كتلة من الطبقات الصخرية كما في حالة نطاق ـ التجمع، بل إنها تستند على انتقاء عناصر من مجاميع الأحافير يتم اختيارها بعناية وتبعد عن هذه الدراسة أحافير أخرى من المجموعة المتواجدة.

---

(1) إن عبارة «Concurrent» تعني مشتركة في موقع أو في الزمن (متزامنة) ونحن هنا نفضل استعمال مشتركة في المدى (الموقع) لأنها أكثر دلالة على تداخل أو اشتراك مدى مصنفين في المنطقة تحت الدراسة.



شكل (3 ـ 6)

نطاق ـ مدى ـ متداخل لمصنفين في أ وأكثر في ب.

إن النماذج التي تختار للدراسة قد تكون امتداداتها متداخلة جزئياً ولا يشترط فيها أن تكون متطابقة الامتداد. . .

أهمية النطاق:

إن نطاق ـ المدى ـ المشترك قد استعمل منذ فترة طويلة من قبل الجيولوجيين ويعتبر عاملاً مساعداً في المضاهاة ـ الزمنية (Time - Correlation). إن الأهمية الزمنية لمصنف واحد معين تقوى كثيراً باستعمال امتدادات لمصنفين أو أكثر تشترك (تتداخل) فيما بينها. . . إن هذا النوع من الأنطقة هو مسألة تخضع للتحليل الشخصي والاختيار. . . وهذه الأنطقة لا يمكن تحديدها باختيار مقطع نموذجي برغم انه سيكون مفيداً أن تكون هناك مواقع مرجعية حيث يتواجد النطاق وحيث المصنفات المختارة متمثلة بشكل جيد.

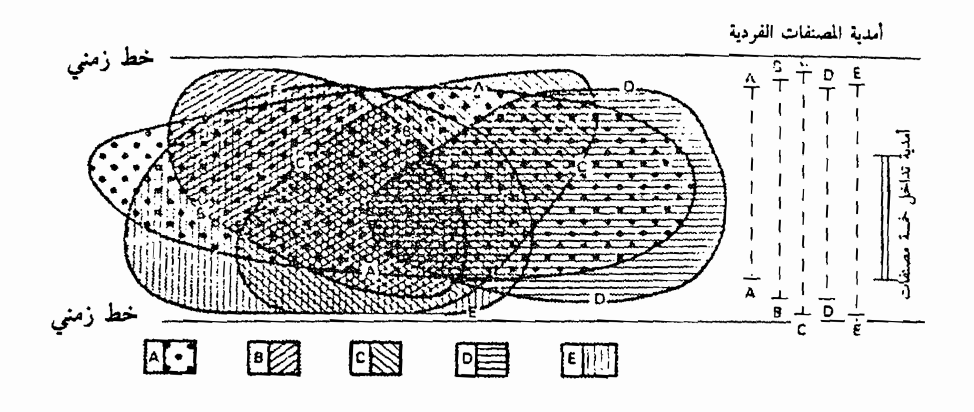
اسم النطاق:

إن نطاق ـ المدى ـ المشترك يسمى نسبة إلى اثنين أو أكثر من المصنفات التي تميز النطاق وذلك بتداخلها. مثال: Globigerina Sellii - Pseudohastigerina barbadoensis Concurrent - Range Zone.

حدود النطاق:

إن حدود نطاق ـ مدى ـ مشترك يستند على مصنفين سهل جداً. ولكن حين يكون هناك ثلاثة مصنفات أو أكثر لها علاقة بالنطاق فإن السؤال يبقى هو فيما إذا كان وجود جميع المصنفات ضروري من أجل أن يعرف النطاق. وإذا لم تكن جميع المصنفات موجودة فكم مصنفاً نختار؟ وأي منها له دور مهم في تحديد النطاق؟

في الشكل (3 ـ 7) رسم توضيحي على افتراض وجود خمسة مصنفات هي A, B, C, D. ويظهر الفرق في تصور النطاق اعتماداً على عدد المصنفات المستعملة وكذلك التي لم تدخل في تحديد النطاق.



شكل (3 ـ 7)

أنطقة تداخل عدة أحافير (المصدر ISSC, No. 5).

إن المسافة ما بين خطي الزمن (Time Lines) تمثل مقطعاً عرضياً خلال طبقات سميكة متعاقبة من الصخور.

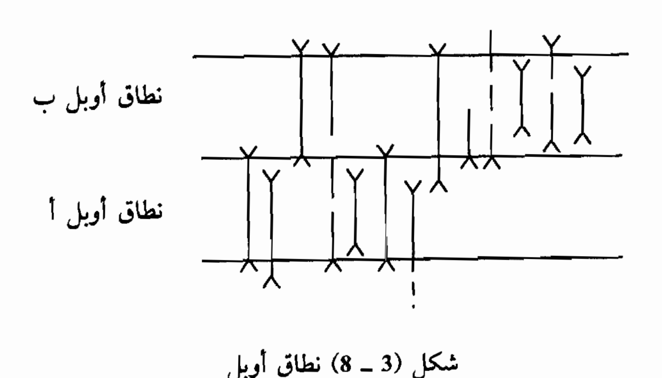
الخطوط العمودية المقطعة في يمين الشكل تمثل امتدادات المصنفات (...Range) A, B, C, D, E. وقد وضع امتداد المصنفات في الشكل ببعدين الأفقي والعمودي وتمثلت الأنواع بالمربعات المجاورة لكل حرف مثلاً A بنقاط و B بخطوط مائلة كما هو موضح في أسفل الشكل.. وهكذا.

ومنطقة تداخل المصنفات الخمس قد وضعت بالعمود الأخير إلى أقصى يمين الشكل.. وبإمكان الطالب أن يحدد مناطق تداخل كل مصنفين أو أكثر وبذلك تستخلص انطقة التداخل - (Concurrent - Range Zone) من الشكل المذكور.

نطاق أوبل (Oppel - Zone):

اقترحت هذه التسمية من ستيبانوف (Stepanov) في عام 1958م نسبة إلى العالم البرت أوبل (Albert Oppel) (1831م ـ 1865م) الذي قدم تقسيمه المعروف للجوراسي في أواسط القرن الماضي باستخدام الأنطقة الحياتية واستناداً إلى أنواع متميزة من الأحافير وامتداداتها العمودية.

ويمكن تعريف نطاق أوبل بأنه نطاق ـ مدى ـ مشترك يستند على تداخل امتدادات عدد كبير من الأنواع المختارة ذات الأعمار المتقاربة بدلاً من التجمع الكلي الطبيعي لأشكال الأحافير. إن الجزء الأسفل من نطاق أوبل يحدد بصورة عامة بالظهور الأول لمصنفات خاصة ويحدد الجزء العلوي باختفاء مصنفات أخرى (شكل (3 ـ 8)).



شكل (3 ـ 8) نطاق أوبل

إن نطاقاً كهذا يمكن أن يستند على ازدواج لامتدادات مصنفات، امتدادات تطورية أو أية مظاهر أحفورية يعتقد بأنها ذات أهمية زمنية.

لقد استخدم نطاق أوبل للمساعدة في الدراسات الطباقية الزمنية (Chronostratigraphy). إن اعتماد النطاق على اشكال مختارة يجعل الموضوع يخضع للاجتهاد الشخصي ولا يشترط بالأحافير المختارة أن تكون متواجدة في محل واحد في النطاق.

كما إن الأحفورة في تسمية النطاق هي تلك التي تكون امتداداتها ضرورية

في تحديد النطاق، وامتداد هذا المصنف لا يشترط فيه أن يتطابق موضعياً مع حدود هذا النطاق.

حدوده:

إن حدود نطاق ـ أوبل هي حدود مجموعة الأحافير التي تعتبر مميزة للنطاق.. ونظراً لتعقد الصفات التي على أساسها استند في تحديد نطاق ـ أوبل فإن موقع حدود النطاق تخضع لاجتهادات الجيولوجي من حيث عدد الأحافير وأي منها تعتبر ذات دلالات متميزة قبل تحديد النطاق. لذا فإن حدود أنطقة ـ أوبل توضع بشكل اعتباطي في مناطق الانتقال بين أنطقة ـ أوبل المتجاورة، وهناك تغيرات كثيرة ما بين مواقع الحدود التي يتم اختيارها من قبل العاملين المختلفين... إن الحدود الواضحة المعالم التي تمثل ظهوراً مفاجئاً أو اختفاء مفاجئاً لعدد كبير من المصنفات المختارة قد تعطي الدليل على تغيرات بيئية أو تغيرات جغرافية قديمة أو فجوات.

المقطع النموذجي:

إن نطاق ـ أوبل يتحدد عادة في حوض جغرافي حياتي واحد وقد يكون من الصعب تمثيله بشكل مرضٍ بمقطع نموذجي واحد، ولكن تشخيص مقاطع مرجعية قد يكون ذا فائدة.

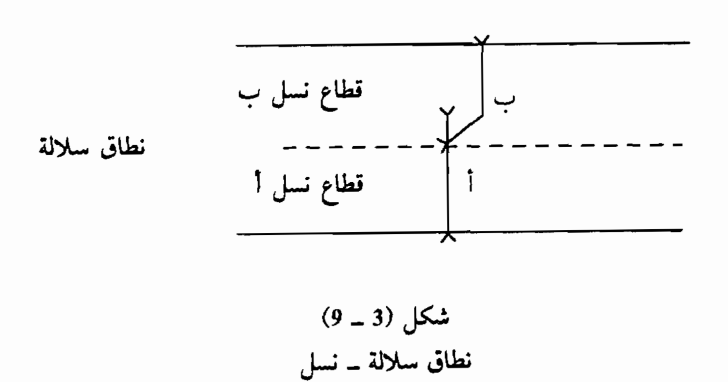
الاســم:

إن اسم نطاق ـ أوبل يتم اختياره من مصنف واحد بارز من بين الأحافير التي تحدد النطاق الذي قد لا يكون بالضرورة موجوداً في جميع أجزاء النطاق.
مثال: Siphogenerinoides bramletti Oppel - Zone:

لقد شخص أوبل عدة «تحت أنطقة» (Subzones) ومن الناحية المبدئية يمكن أن تقسم أنطقة ـ أوبل إلى أقسام أصغر أو تجمع بوحدات أكبر.

نطاق السلالة (النسل) (Lineage - Zone or Phylozone):

إنه نوع آخر من نطاق ـ المدى يتكون من كتلة من الطبقات تحتوي على نماذج تمثل خطاً تطورياً أو ارتقاء أو اتجاهاً لمصنف أو مجموعة حياتية تتحدد حدودها العليا والسفلى بمظاهر ذلك الخط أو الاتجاه، لاحظ الشكل (3 ـ 9). هذا النوع من النطاق قد سمي نطاق ـ السلالة (Lineage - Zone)[1] أو (Phylozone)[2]، أو «نطاقاً تطوريّاً» (Evolutionary - Zone) أو نطاق ـ تطور مظهريّاً (Morphogenetic -Zone) «أو «نطاق تطور السلالة» - (Phylogenetic - Zone)[3]. وهكذا إن مجال نطاق ـ التطور قد يمتد من الظهور الأول لبعض الأشكال في سلسلة التطور الحياتي إلى حد انتهاء خط التطور، وبذا فهو يشمل خط النسل برمته أو السلسلة الحياتية (Bioseries). وقد يُمثل جزءاً من السلسلة ويسمى في هذه الحالة (نطاق ـ مقطع ـ السلالة ـ النسل) - (Lineage - segment - Zone)، مثال (لاحظ الشكل (3 ـ 9)).



شكل (3 ـ 9)
نطاق سلالة ـ نسل

(1) Lineage = نَسَبْ، نَسْل، ذُرِّية.
(2) Phylo من الاغريقية Phylon وتعني قبيلة، عِرْق.
(3) Phylogeny = التاريخ العِرقي
وهي سلسلة التغيرات المورفولوجية التي تمثل مراحل التطور المتتابعة التي تمر بها سلالة معينة في أثناء تاريخها الجيولوجي كما تُلاحظ من دراسة حفرياتها في الصخور المتتابعة.

ذلك الجزء من مدى «المصنف أ» من أول ظهوره وحتى أول ظهور «المصنف ب» المتناسل من «أ» أو «نطاق ـ مدى» «المصنف ب» من أول ظهوره كنسل من «أ» وحتى اختفائه أو الفاصلة ما بين تسلسلين متعاقبين من مصنف.

إن ما يسمى «نطاق ـ المدى ـ المتعاقب» (Consecutive - range - Zone) المسمى من قبل لجنة التعليمات الطباقية للجمعية الجيولوجية في لندن عام (1967) يقابل نطاق ـ مقطع ـ النسل (Lineage - segmemt - Zone).

التسمية:

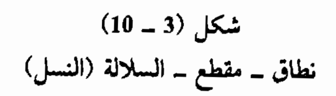
إن نطاق ـ السلالة الذي يشمل خط السلالة الكلي أو الذي يتطابق مع المدى الكلي لمصنف في السلالة (لاحظ الشكل (3 ـ 10)) قد يسمى نسبة إلى المصنف الرئيسي. مثال: Globorotalia fohsi Lineage - Zone.

إن نطاق ـ مقطع ـ السلالة (Lineage - segment - Zone) الذي لا يتطابق مع المدى الكلي لمصنف في خط السلالة ولكن قاعدته تتحدد بحدود المدى لمصنف في خط السلالة الذي قمته تتحدد بحدود المدى لمصنف آخر في خط السلالة يجب أن تتم تسميته نسبة إلى هذين المصنفين: مثال: نطاق ـ مقطع ـ السلالة (Lineage - segment - Zone) Globorotalia peropheroacuta\ Globorotalia praefohsi.

وذلك لإظهار مدى النطاق. (لاحظ الشكل (3 ـ 10)).

إن اسم المصنف الذي يحدد الجزء الأسفل يجب أن يتقدم على اسم المصنف الذي يحدد الجزء العلوي. (لاحظ الشكل (3 ـ 10)).

إن أهمية أنطقة ـ السلالة (Phylozones أو Lineage - Zones) من الناحية النظرية يجب أن تكون مفيدة جداً في المضاهاة ـ الزمنية... ولكن العقبة في استعمال هذه الأنطقة هو اختلاف الحكم على دلائل التطور وكذلك التشخيص التصنيفي... مع ذلك فإن عدة أنطقة ـ تطور متداخلة تعطي من الناحية النظرية أفضل طريقة مؤكدة للمضاهاة الزمنية المستندة على أدلة طباقية حياتية.



شكل (3 ـ 10)

نطاق ـ مقطع ـ السلالة (النسل)

مستوى حياتي

Globorotalia Foshi

مستوى حياتي

Globorotalia Praefoshi

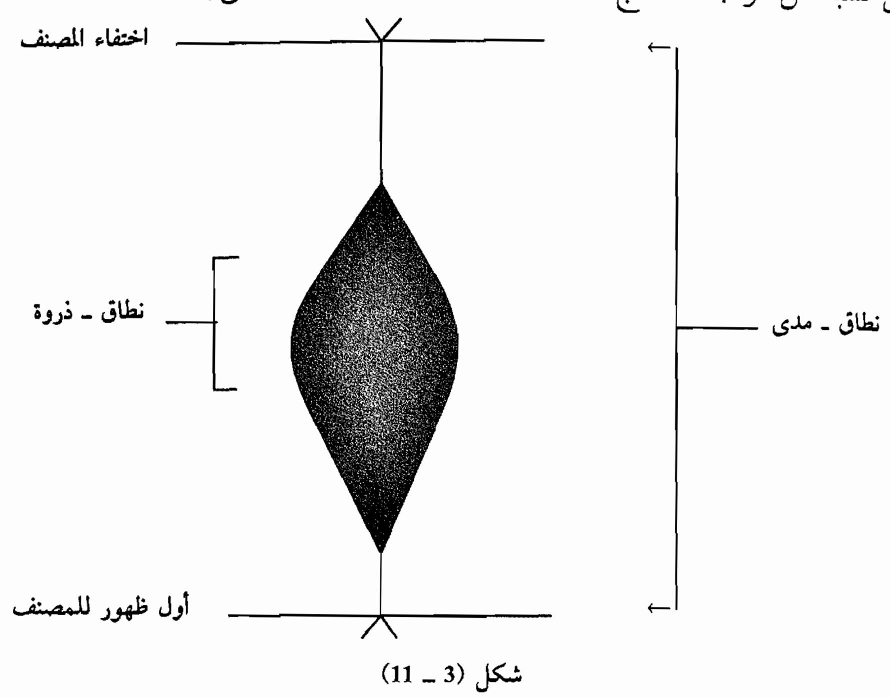
مستوى حياتي

نطاق ـ مقطع سلاسلة

مستوى حياتي

أنطقة الذروة (القمة) (Acme - Zones):

كتلة من الطبقات تمثل ذروة تواجد اعداد لمصنف معين سواء كان نوعاً أم جنساً أم أحد المصنفات الأخرى (لاحظ الشكل (3 ـ 11) و (3 ـ 12)). ولا يشمل ذلك المدى الكلي. . . ويأخذ النطاق اسمه من المصنف قيد الدراسة وإن أعلى نسبة من تواجد نماذج ذلك المصنف تحدد ذلك النطاق.



شكل (3 ـ 11)
نطاق ـ ذروة لمصنف ضمن نطاق ـ مدى.

مثال: Didymograptus Acme - Zone:

إن المشكلة التي تقابل الجيولوجيين هي تحديد «أقصى تطور» وبذا نشخص حدود نطاق ـ القمة. . . إن البعض لا يعطي أهمية لهذا النطاق ولكن آخرين قد أكدوا على أهمية هذا النطاق كدليل لموقع طباقي زمني.

استعمل بعض الجيولوجيين عبارة «Peak - Zone» أو «Flood - Zone» بدلاً من «Acme - Zone» ولا ضير في ذلك.

ولكن من الأفضل استعمال عبارة «Acme - Zone» بدلاً من «Epibole»

التي سبق أن اقترحت من قبل ترومان (Treuman) في عام 1923 لأنها ذات دلالة أوضح من المفهوم الذي قدمه ترومان، فقد اقترح ترومان أن يكون تعريف «Epibole» مشتملاً على الترسبات المتكونة خلال الـ «hemera» التي عرفها بكمان (Buckman) في عام 1893م ومفهوم بكمان للـ «hemena» ذو مدلول زمني وغير واضح. لذا فإن العبارة «Acme - Zone» هي المفضلة.

هناك طرق للتعبير عن امتدادات المصنفات ونسبة تواجد نماذج مصنف معين عمودياً نلاحظها في بحوث الجيولوجيين وتقاريرهم العلمية. فإحدى الطرق (لاحظ الجدول (3 ـ 1)) تكون باستعمال الأحرف الأولى للكلمات الانكليزية التي تعبر عن نسب وأحياناً عن عدد تواجد نماذج من المصنف. فيستعمل الحرف «A» الذي يشير إلى وفرة النماذج (وافر Abundant) والحرف «C» من الكلمة (Commom) وتعني شائع ويليها حرف «R» من الكلمة الانكليزية (Rare) وتعني نادر. . . ويضع الجيولوجي في نهاية الجدول أرقاماً تمثل كل حرف. مثال: «R» من 1 إلى 5 نماذج والـ C من 6 ـ 20 نموذجاً والـ A أكثر من 20 نموذجاً.

والطريقة الثانية للتعبير عن توزيع نماذج مصنف معين ونسبة توزيع ذلك المصنف هو باستعمال النقاط أو الخطوط ذات السمك المتباين بحسب نسبة تواجد إعداد المصنف. فالخطوط السميكة تعني نسبة تواجد أعلى والعكس صحيح. والشكل (3 ـ 12) يمثل هذه الطريقة.

ويعطي الجيولوجي في نهاية الجدول اعداداً لكل جزء من الرسم.

مثال: النقاط (. . .) تمثل من 1 ـ 5 نماذج، الخط (ــــ) يمثل من 6 ـ 10 نماذج، وخط أكثر سمكاً (ــــ) من 11 ـ 20 وهكذا. . .

وفي الشكل (3 ـ 13) يظهر مقطع في طبقات صخرية تحوي على أحافير ويظهر فيه بشكل تخطيطي أمثلة على الوحدات الطباقية الحياتية. إن سحنة الطفل (Shale) تحت المنطقة A تتغير تدريجياً إلى سحنة رملية (Sandstone)، في المنطقة A فإن امتداد المصنف 1 والذي مثل بالرمز A و 2 الذي مثل بالرمز O يمثل الامتداد العمودي الكلي لهذين المصنفين وكذلك نطاق ذروة المصنفين (Epibole) ونطاق التداخل بينهما في مثل بـ (Concurrent - Range - Zone).

أسماء المصنفات	N	S
A... odus curvatus	c	a
A. unicostatus	a	va
Ambalodus anapetus	a	—
A. triangularis	—	?
A. spp.	—	r
Apsidognathus siluricus	r	—
Carniodus n. sp.	r	—
Distomodus kentuckyensis	r	a
D. triangularis triangularis (*Neoprioniodus triangularis*)	c	?
D. cf. D. triangularis tenuiramcus	r	—
Drepanodus? arrectus	r	c
D. suberectus	c	c
Exochognathus brassfieldensis (*Trichonodella brassfieldensis*)	r	c
E. brevialatus (*Roundya brevialata*)	c	r
E. caudatus (*Roundya caudata*)	r	c
E. keislognathoides (*Keislognathus?* sp.)	c	r
E. [*Rhynchognathodus?*] n. sp.	—	r
Icriodella discreta	r	—
I. n. sp.	r	—
Icriodina irregularis	—	a
I. stenolophata	—	c
Ligonodina kentuckyensis	r	c
L. cf. L. silurica	r	—
L.? extrorsa	—	c
L.? variabilis	c	r
L. n. sp.	r	—
Lonchodina spp.	r	r
L. walliseri	r	r
L. greilingi	r	—
L. detorta	r	—
L.? sp.	—	r

أسماء المصنفات	N	S
Neoprioniodus costatus	—	?
Neoprioniodus cf. N. excavatus (*Euprioniodina cf. P. excavatus*) (*N. planus*)	r	c
N. planus	c	—
N. subcarnulus	—	?
Ozarkodina typica	r	r
O. cf. O. edithae (*O. edithae*)	c	?
O. aff. O. media	r	—
O. n. sp. A	c	—
O. n. sp. B	c	—
Paltodus costulatus	a	a
P. debolti	r	va
P. dyscritus	c	va
P. migratus	r	c
Panderodus simplex	va	va
P. unicostatus	va	va
Plectospathodus flexuosus	r	—
P. irregularis	—	r
Sagittodontus edentatus (*Trichonodella? edentata*)	c	c
S. robustus	c	—
Spathognathodus cumplus	c	—
S. clibatus	c	—
S. kassi	r	r
S. manitoulinensis	r	—
S. oldhamensis	c	r
Synprioniodina hirsuta (*S. cf. Prioniodus hirsutus*)	r	r
S. silurica	c	—
Trichonodella inconstans (*T. cf. T. inconstans*)	r	?
T. symmetrica	r	—
T. n. sp. (*T.* sp. B)	c	r
T. sp. A	—	r
T.? n. sp.	—	r

va—Greater than 4 specimens per kilogram of sample
a—1–4 specimens per kilogram
c—¼–1 specimen per kilogram
r—0–¼ specimens per kilogram

الجدول (3 ـ 1)

طريقة اسقاط تواجد المصنفات في موقعين مختلفين.

اختصر اسم الموقعين إلى الحرفين N و S.

الأحرف الإنكليزية في نهاية الجدول هي:

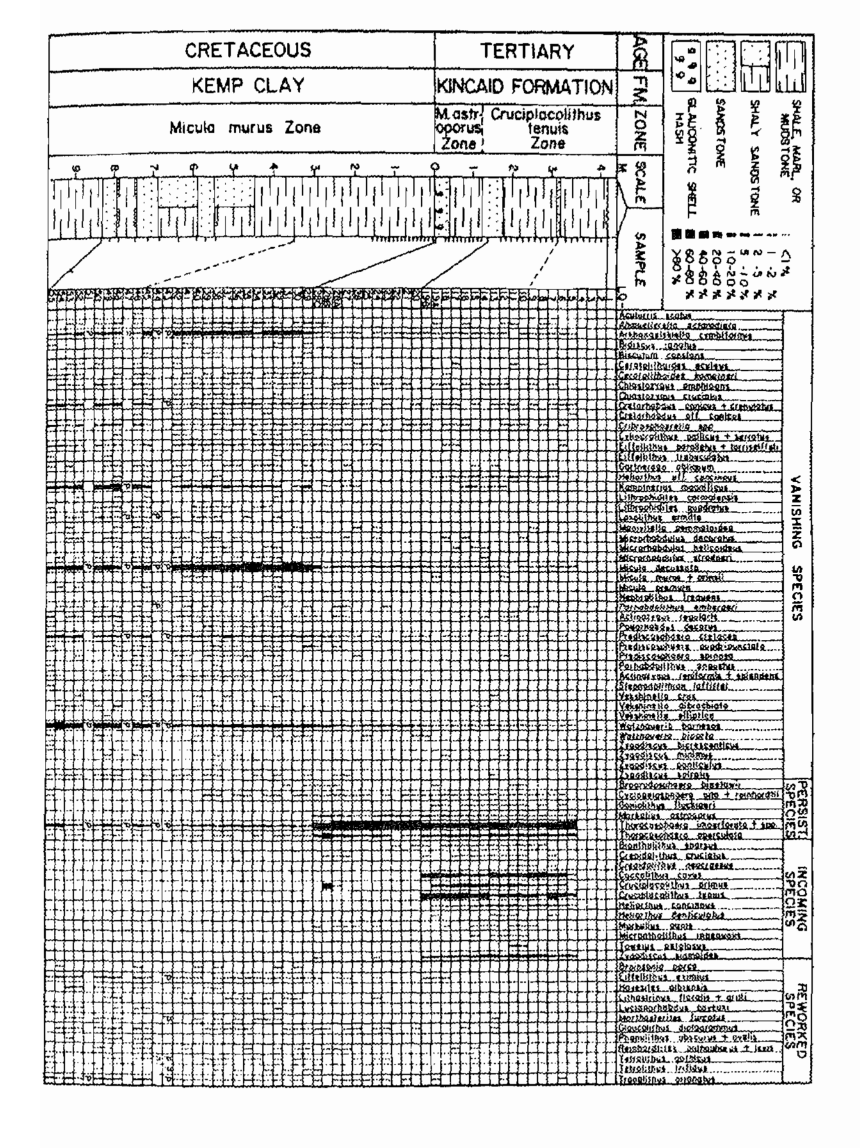
va وهي مختصر لكلمة Very abundant وتعني متوفرة بكثرة وتمثل تواجد أكثر من 4 مصنفات في الكيلوغرام الواحد من النموذج.

a مختصر لكلمة abundant وتعني وفرة وتمثل تواجد (1 ـ 4) مصنفات في الكيلوغرام الواحد من النموذج.

c مختصر لكلمة Commom وتعني شائع وتمثل تواجد مصنف واحد إلى ربع في الكيلوغرام الواحد.

r مختصر للكلمة rare وتعني نادر وتمثل تواجد 1/4 إلى صفر مصنف في الكيلوغرام الواحد.

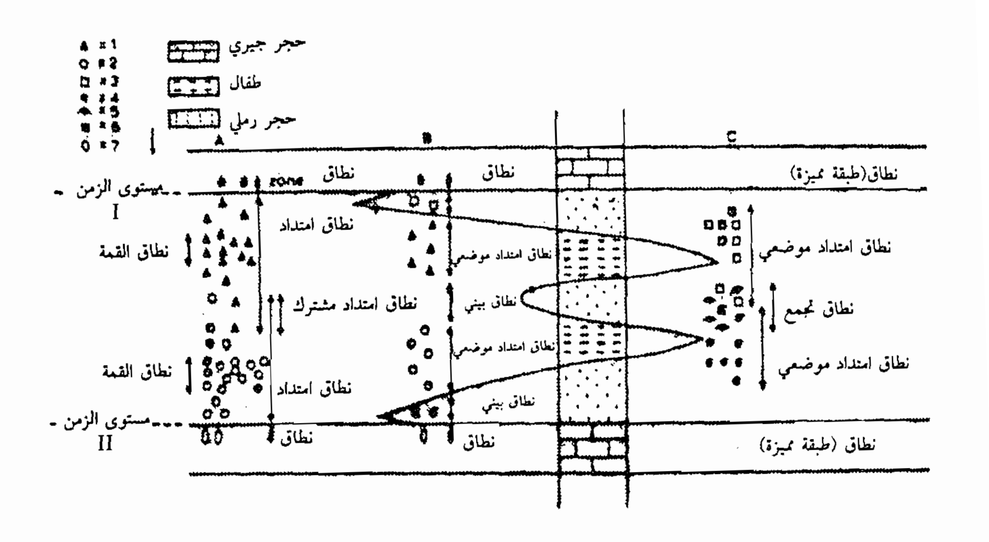
(المصدر **Pollock et al.** 1970).



شكل (3 – 12) يوضح طريقة تنقيط نسب تواجد المصنفات

في المنطقة B و C فإن أمثلة على امتدادات موضعية - Local Range) Zone) والفجوة غير الممثلة بامتدادات المصنفين 1 و 2 قد سميت نطاقاً بينياً (Interzone) والوحدة التي تتميز بوجود المصنفات 3 ,4 ,5 قد شخصت نطاق تجمع (Assemblage - Zone).

مستويا الزمن (Time - Levels) I و II قد استند في تشخيصهما على طبقتين من الحجر الجيري المتميزة وتحوي أيضاً أنطقة طباقية حياتية تمتاز بوجود المصنفين 6 ,7.



شكل (3 ـ 13)

مقطع خلال طبقات تحوي على أحافير، ويظهر فيه الفرق بين الامتداد الموضعي والامتداد الكلي.

(المصدر Eysinga Van, 1970).

النطاق البيني والنطاق القاحل:

لما كان تواجد بقايا الأحافير التي على أساسها تمت تسمية أنطقة طباقية حياتية لا يشترط فيها أن تكون متواجدة في جميع الطبقات المتعاقبة.. فإن الأنطقة الحياتية المتعددة قد تفصل عن بعضها بطبقات قد تكون إما خالية تماماً من الأحافير أو الصفات الطباقية الحياتية التي على أساسها تم تحديد الأنطقة

المجاورة وفي هذه الحالة تسمى هذه المناطق «الأنطقة البينية» (Interzones). (لاحظ الشكل (3 ـ 4) و (3 ـ 13)). مثال: The Exus parvus to Exus magnus interzone.

فإذا كانت خالية تماماً من المتحجرات فإنها تسمى «الأنطقة البينية القاحلة» (Barren Interzones) أو «الأنطقة القاحلة» (Barren Zones) (لاحظ الشكل (3 ـ 4)). مثال: النطاق القاحل بين المصنفين Exus albus and Exus magnus barren interzone.

النطاق الضمني (Intrazone):

ضمن مجال نطاق معين قد يكون هناك كتلة من الصخور ذات حجم كبير خالية من أية أدلة أحفورية ذات علاقة بالنطاق المذكور أو تحتوي على صفات أحفورية تختلف عن تلك التي أساسها حدد النطاق الحياتي. مثال: ـ النطاق الضمني القاحل قرب قمة النطاق الحياتي (Exus albus biozone). إن استعمال أسماء الأنطقة الثلاثة الأخيرة البينية والقاحلة والضمنية هو استعمال غير رسمي.

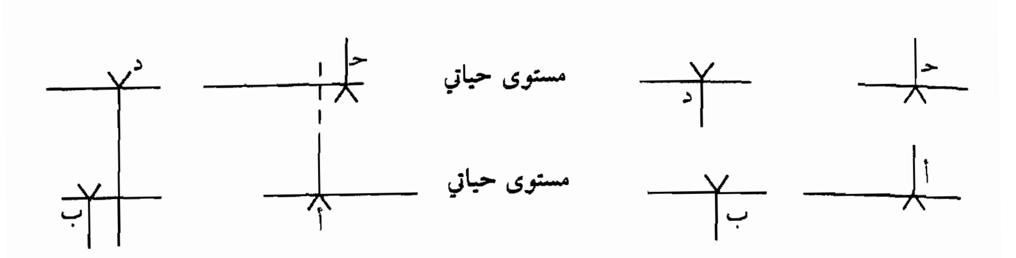
النطاق الفاصل (Interval-Zone)

هو النطاق الذي يمثل فسحة أو فاصلة (Interval) ما بين نطاقين طباقيين حياتيين واضحين... والنطاق الفاصل لا يشترط فيه أن يمثل بالضرورة أي نوع من أنواع الوحدات الطباقية الحياتية المتميزة.

لذا فإن قاعدة نطاق كهذا قد تكون محددة بمستوى أول ظهور للمصنف «أ» (شكل (3 ـ 14)) أو الظهور الأخير للمصنف «ب» وقد تكون قمة هذا النطاق مشخصة بمستوى أول ظهور للمصنف «جـ» أو آخر ظهور للمصنف «د».

كما قد تكون القاعدة محددة بحدود قمة أي نطاق حياتي متميز والقمة محددة بحدود قاعدة نطاق حياتي يعقب النطاق الأول... لذا فقد تكون التسمية الأدق هي «نطاق بين مستويين حياتيين» (Interbiohorizon - Zone). وإن الاسم

الذي يعطى لنطاق كهذا يشتق من أسماء المستويات التي تمثل حدود النطاق الفاصل. مثال: Globigerinoides sicanus\ Orbulina suturalis Interval - Zone.



شكل (3 ـ 14)

أنواع الأنطقة الفاصلة (معدلة من التقرير ISSC No.5).

ومن خلال ملاحظة تعريفات النطاق البيني (Interzone) والنطاق الفاصل (Interval - Zone). والأمثلة المعطاة على كيفية تحديدهما فإن للكلمتين مدلولاً واحداً على الرغم من أن تقرير اللجنة الفرعية للتقسيمات الطباقية. (ISSC No.5) قد فَصَل بين التعريفين.

نطاق المدى الجزئي (Partial - range - Zone):

يشير تقرير اللجنة الفرعية العالمية للتقسيمات الطباقية (ISSC 5) في الصفحة 40 منه بأن التعريف الأصلي لنطاق ـ المدى ـ الجزئي كما ورد من قبل لجنة القوانين الطباقية التابعة للجمعية البريطانية عام 1967 هو كما يلي:

«كتلة من الطبقات ضمن مدى تجمع متحجرات تقع هذه الكتلة فوق آخر ظهور لمجموعة من المتحجرات السابقة وتحت أول ظهور لمجموعة متحجرات تعقبها». . . .

كما ذكر تقرير اللجنة الفرعية العالمية المشار إليه بأن بلو (Blow, 1969) حين تسميته لأنطقة ـ المدى ـ الجزئي قد استخدم عادة (وليس دائماً) مؤشرات الحدود السفلى والعليا للنطاق، بينما لم يشر بلو إلى اسم المصنف الذي غطي

جزئياً بذاك النطاق. . . وبعد دراسة أمثلة أعطيت من قبل بلو في عام 1969 ظهر للجنة بأن أنطقة ـ المدى ـ الجزئي هي فواصل (Intervals) ضمن مدى مصنف أو بعض المصنفات شخصت إحدى حدود هذه الفاصلة (النطاق) بالحدود السفلى أو العليا لامتدادات مصنفات أخرى. .

ولكون نطاق كهذا يغطي فقط جزءاً من امتداد بعض المصنفات وهذا الامتداد الجزئي هو أقل أهمية من حقيقة كون هذا النطاق يمثل الفاصلة بين مستويين دالين (أعلى وأسفل)، لذا فقد اقترحت اللجنة الفرعية العالمية بأن تسمية «نطاق فاصل» أو نطاق ـ مستوى حياتي بيني (Interbiohorizon - Zone) له أفضلية الاستخدام على عبارة نطاق ـ مدى ـ جزئي. .

إلا أن بعض الباحثين يميلون إلى الإبقاء على تسمية نطاق ـ مدى ـ جزئي. لأن بلو قد استخدم اسم المصنف أو المصنفات التي امتدادها مغطى جزئياً بالنطاق في تسمية جميع أنطقة ـ المدى ـ الجزئي التي استحدثها. . . ويعتبرون هذه التسمية مختلفة عن مفهوم النطاق ـ الفاصل (Interval - Zone).

طريقة استحداث وحدات طباقية حياتية:

إن الخطوات المتبعة في استحداث وحدة طباقية حياتية تماثل الخطوات المتبعة حين استحداث أية وحدة طباقية أخرى. . فإن الاستحداث الرسمي يتطلب نشرها في إحدى وسائل النشر العلمية. مع تعريف بالوحدة يشمل:

1 ـ الإشارة إلى نية الباحث في استحداث وحدة رسمية، ونوع الوحدة.

2 ـ اختيار الاسم.

3 ـ تعريف الوحدة مع تحديد المقطع النموذجي (Stratotype) أو المقاطع المرجعية حينما تكون ملائمة.

4 ـ الصفات المميزة والمحددة للوحدة.

5 ـ تحديد الحدود والعلاقة مع الأنطقة الطباقية الحياتية الأخرى.

6 ـ سمك الوحدة وامتداداتها الجانبية.

7 ـ السحنة والأهمية البيئية.

8 ـ العمر الجيولوجي والمضاهاة.

9 ـ علاقة الوحدة بالوحدات الطباقية الصخرية والطباقية الزمنية.

10 ـ تاريخ التسمية والملاحظات المنشورة سابقاً عنها قبل استعمال الاسم الرسمي.

من الضروري أن يكون هناك وصف دقيق وصور للمصنفات العضوية الأساسية في تحديد النطاق أو ذكر المراجع التي تحوي على صور المصنفات.

في استحداث وحدة جديدة أو اختيار وحدة من بين وحدات مستحدثة سابقاً فإن العامل الأساسي الذي يؤخذ بنظر الاعتبار حين الاستحداث هو الفائدة العملية من هذا الاستحداث.

كما أن على الجيولوجي أن يعطي الأفضلية لوحدات يتم استحداثها على أساس وفرة النماذج وتواجدها الواسع وسهولة تشخيصها.

لقد استعمل مؤخراً في تحديد الوحدات الطباقية الحياتية أسلوب استعمال الأرقام أو الأحرف. والمشكلة التي تواجهنا في ذلك هي إمكانية استعمال اثنين أو أكثر من الجيولوجيين نفس الأحرف أو الأرقام للدلالة على أشياء مختلفة في نفس المنطقة. كما أن لاستعمال الأرقام والأحرف فائدة وذلك هو تجاوز التكرار لأسماء الأحافير الطويلة كما أن تعاقب الأرقام أو الأحرف يجعلنا نحدد بسهولة موقع التعاقب الطباقي لأن تسلسل الأرقام أو الأحرف معروف للجميع... كما أن هذه الطريقة تجعل غير الجيولوجيين كالمهندسين يتفهمون هذا التعاقب بصورة أسهل. لاحظ الشكل (3 ـ 15) حيث يمثل جزءاً من تعاقب طباقي حياتي عبر عنه بالأرقام.

مراجعة الوحدات الطباقية الحياتية:

إن إعادة تعريف وحدة طباقية حياتية بدون تغيير اسمها يحتاج إلى اتباع الخطوط التي يشترط ملاحظتها حين تسمية وحدة جديدة.

شكل (3 ـ 15)

مضاهاة أنطقة طباقية حياتية لبعض المقاطع في تونس وليبيا مع الأنطقة القياسية

PALEOCENE	H. M. BOLLI, 1957	H. M. BOLLI & V. A. KRASHENINNIKOV, 1974	W. A. BERGGREN, 1969 (stage)	W. A. BERGGREN, 1969	W. A. BERGGREN, 1972 (stage)	W. A. BERGGREN, 1972 (zone)	W. A. BERGGREN, 1972	J. AUBERT & W. A. BERGGREN, 1976 (stage)	J. AUBERT & W. A. BERGGREN, 1976	J. SALAJ, S. BAJANIK, E. MENČIK & J. STRÁNIK 1973, J. SALAJ, 1969, 1970, 1975 (stage)	J. SALAJ, S. BAJANIK, E. MENČIK & J. STRÁNIK 1973, J. SALAJ, 1969, 1970, 1975	J. SALAJ, K. POŻARYSKA & J. SZCZECHURA, 1976 (stage)	J. SALAJ, K. POŻARYSKA & J. SZCZECHURA, 1976
late	*Globorotalia velascoensis*	*Globorotalia velascoensis*	LANDENIAN S.L. / THANETIAN	*Globorotalia velascoensis*: *Globorotalia velascoensis*	THANETIAN	P5	*Globorotalia velascoensis*	THANETIAN p.p.	*Morozovella velascoensis*	LANDENIAN S.L. / SPARNATIAN	*Globorotalia velascoensis*	LANDENIAN S.L.	VIII. *Globorotalia velascoensis*
late	*Globorotalia pseudomenardii*	*Globorotalia pseudomenardii*		*Globorotalia velascoensis*: *Globorotalia pseudo-menardii*		P4	*Globorotalia pseudomenardii* T - R - Z		*Planorotalites pseudomenardii*		*Globorotalia pseudomenardii*		VII. *Planorotalia pseudomenardii*
middle	*Globorotalia pusilla*	*Globorotalia pusilla*		*Globorotalia pusilla pusilla*		P3	*Globorotalia pusilla pusilla*		*Globorotalia pusilla*	THANETIAN	*Globorotalia pusilla*		VI. *Globorotalia pusilla*
middle		*Globorotalia angulata*		*Globorotalia angulata*			*Globorotalia angulata* C - R - Z		*Morozovella angulata*		*Globorotalia angulata*	MONTIAN S.L.	V. *Globorotalia angulata*
early	*Globorotalia uncinata*	*Globorotalia uncinata*	DANIAN S.L. / MONTIAN S.S.	*Globorotalia uncinata* — *Globorotalia spiralis*	DANIAN	P2	*Globorotalia uncinata*, *Globorotalia spiralis* C - R - Z	DANIAN p.p.	*Morozovella uncinata*	DANIAN S.L. / DANO-MONTIAN	*Turborotalia (Acarinina) inconstans praecursoria*		*Globorotalia uncinata s.l.*: b. *Globorotalia praecursoria praecursoria*; a. *Globorotalia praecursoria uncinata s.s.*; III. *Globoconusa kozlowskii*
early	*Globorotalia trinidadensis*	*Globorotalia trinidadensis*	DANIAN S.S.	*Globorotalia trinidadensis*		P1 d	P-R-Z: *Globorotalia compressa*, *Globorotalia inconstans*, *Globorotalia trinidadensis*		*Subbotina trinidadensis*	DANIAN S.S.	*Turborotalia (Acarinina) inconstans inconstans*	DANIAN S.L.	II. *Globigerina trinidadensis*: c. *Globigerina inconstans*
early											*Globigerina compressa*		b. *Planorotalia compressa*
early		*Globigerina pseudobulloides*		— *Globoconusa daubjergensis*		P1 c	*G. daubjergensis*: *pseudo-bulloides*		*Subbotina pseudobulloides*		*Globigerina pseudobulloides*		a. *Globigerina pseudobulloides*
early						P1 b	*trilocalinoides*						
early	*Rzehakina epigona*	*Globigerina eugubina*				P1 a	*eobulloides*				*Globigerina taurica*		I. *Globigerina taurica*, *Globoconusa daubjergensis*

إن من الأسباب التي قد تدعو إلى إعادة التعريف الأخطاء الواضحة في الاستحداث السابق والتي يبينها الجيولوجي، اكتشاف تعاقب أكثر اكتمالاً وأكثر أحافيراً.

إن أسماء الوحدات الطباقية الحياتية يجب أن تتغير لكي تتفق مع أسماء مصنفات حسب القوانين العالمية للتسميات الحياتية. (International Code of Zoologic Nomenclature).

إن استعمال أحفورة استعملت مرة للدلالة على نطاق يجب أن لا يستعملها الجيولوجيون الآخرون في تسميات وحدات طباقية حياتية أخرى.

إن درجة الوحدة الطباقية الحياتية قد تتغير ومثالها تغيير الدرجة من تحت نطاق إلى نطاق. وعندما تقسم وحدة كهذه إلى وحدتين أو أكثر بنفس الدرجة (المستوى) كالأصلي، فإن الاسم الأصلي يجب أن لا يستعمل على أي جزء من التقسيم.

وإذا كانت هناك وحدة سميت بالأصل كنطاق تجمع فمن الممكن أن يصبح فيما بعد نطاق أوبل (Oppel - Zone).

التداخل في امتدادات الوحدات الطباقية الحياتية

قد يحصل تداخل عمودي وجانبي بين جميع الوحدات الطباقية الحياتية المختلفة... وأكثر من ذلك حتى بين الوحدات من نفس النوع، فقد يحصل تداخل عمودي بين وحدات استحدثت استناداً إلى أحافير مختلفة أو درجات تصنيفية مختلفة...

لذا فإن أنطقة تجمع تستند إلى الفورامنيفرا تكون مستقلة تماماً عن أنطقة تجمع تستند إلى الأوستراكودا، كما أن نطاق ـ المدى لنوع من أنواع الكرابتوليت قد يتداخل مع **نطاق** ـ مدى لنوع آخر من الكرابتوليت... ولذا فإن نطاق ـ مدى ـ مشترك (Concurrent - range- Zone) لأحافير معينة قد يتداخل مع نطاق ـ مدى ـ مشترك لأحافير أخرى.

مثال: نطاق ـ مدى ـ مشترك لفورامنيفرا طافية قد تتداخل مع نطاق ـ مدى ـ مشترك لفورامنيفرا قاعية.

العلاقة بين الوحدات الطباقية الحياتية والانعكاسات المغناطيسية

كانت هناك مناقشات واسعة خلال السنوات الماضية عن احتمالات العلاقة بين أوقات انعكاسات مغناطيسية الأرض (Geomagnetic reversals) وأوقات التغيرات السريعة في الأحافير الدقيقة الطافية.. لقد اقترح قسم من الجيولوجيين بأنه خلال فترات الانعكاسات المغناطيسية للأرض تتقلص قوة مغناطيسية الأرض، وبذا تصبح حماية الأرض بالدرع المغناطيسي (Magnetic shield) أضعف. لذا فإن الأشعة الكونية (Cosmic radiation) تزيد من تأثيرها على الأحياء مما يؤدي إلى حدوث طفرات (Mutation) في الأحياء. وقد قدم عدد من الباحثين أدلة على العلاقة القوية والمضاهاة بين انقراض عدة أشكال لأحياء طافية مع الانعكاس في المغناطيسية الذي توضح في ترسبات البلايوسين (Pliocene) والبلايستوسين (Pleistocene) في مناطق خط الاستواء في المحيط الهادي... وعلى الرغم من ذلك فإن تأثير الانعكاسات المغناطيسية على تطور الأحياء ما زال موضوعاً خاضعاً للاجتهادات العلمية المتباينة.

المضاهاة الطباقية الحياتية

إن المضاهاة الطباقية الحياتية هي عملية تثبيت التماثل في الصفات والمواقع الطباقية بين وحدات ومستويات أو طبقات دالة استناداً إلى محتوياتها من الأحافير.. إن هذه العملية قد تكون مضاهاة زمنية أو مضاهاة بين بيئتين مختلفتين في الموقع الطباقي (العمر) (Diachronous).. في كلتا الحالتين فإن المضاهاة هي عملية تخضع للحكم الشخصي.. فلا يوجد تعاقب طباقي في منطقتين يحوي نقاطاً متطابقة تماماً استناداً إلى محتوياتهما من الأحافير، ويبقى السؤال ما هي درجة التماثل بين محتوياتهما من الأحافير وموقعهما الطباقي قبل أن نقول بثقة إن المقطعين متضاهيان.

إذا كان هناك مجموعتان من الأحافير تقعان في منطقتين مختلفتين فلا يقال

إن بالامكان مضاهاتهما بالرغم من التماثل الكبير في مكوناتهما إلا إذا شغلا نفس الموقع الطباقي النسبـي.

إن المضاهاة ـ الزمنية بواسطة الأحافير تعطي أحد القواعد الأساسية في التحديد الطباقي الزمني ومعظم الأنطقة وتحديد مستويات دالة في الدراسة الطباقية الحياتية هدفها المضاهاة ـ الزمنية. (لاحظ الشكل (3 ـ 15)).

ملاحظات إضافية حول الوحدات الطباقية الحياتية

الاستعمال الرسمي وغير الرسمي

إن التفريق بين العبارات الطباقية الحياتية الرسمية وغير الرسمية ما زال مهماً فالاستعمال الرسمي عموماً يقصد به تلك التسمية التي استعملت بشكل ينطبق مع التعليمات ونظام التقسيم العلمي والتسميات... بينما التسميات غير الرسمية يقصد بها تلك التي تستعمل بصورة حرة وبدون أن تكون جزء من الأسلوب المنظم في التسمية. ومثال للحالة الأخيرة هو الإشارة إلى طبقات حاوية على محاريات في النشرات العلمية بالقول إنها «طبقات بها محار». إن هذه الجملة لا تعني أن هذه الطبقات قد حددت كوحدة طباقية رسمية.

الأسبقية (الأولوية)

إن الأسبقة في نشر اسم وحدة طباقية حياتية يجب أن يبقى إذا كانت التسمية المقترحة مستعملة بالشكل الذي يجب أن تسمى به أسوة بالحالات التي تسمى بها الوحدات الطباقية الأخرى كالوحدات الطباقية الصخرية. ورغم ذلك فإن هناك عدداً لأنواع لا نهاية لها من الأنطقة المشتركة التي يمكن اقتراحها.

إن الوصف الأول والاسم الأول لا يشترط فيه أن يبقى مستعملاً بل إن التسمية الأكثر فائدة وأكثر علمية هي التي تبقى.

هذا يعني أن للباحثين الحرية في اقتراح أنطقة جديدة أو تحسين مدى وتسمية أنطقة استحدثت قبلهم...

إن من الاعتبارات الأساسية في أي نطاق حياتي جديد يقترح اسمه وجود وصف كامل له مع أكبر درجة من الوضوح مع ملاحظة ملاءمته لأوسع تطبيق. وفي كل اقتراح جديد أو إعادة تسمية يجب الإشارة إلى الأعمال السابقة ذات العلاقة بالوحدة.

أسماء الأحافير

إن طريقة كتابة أسماء الأحافير التابعة للوحدات الطباقية الحياتية يجب أن تستند على القوانين العالمية في التسمية الحيوانية (International code of Zoological Nomenclature)، وكذلك التعليمات العالمية للتسمية النباتية (International Code of Botanical Nomenclature). إن الحرف الأول من أسماء الأجناس يجب أن يكون حرفاً كبيراً يطلق عليه بالانكليزية (Capital letter) والحرف الأول من أسماء الأنواع يجب أن يكون صغيراً (Small letter) والأسماء العلمية يجب أن تكون بحرف طباعي مائل (Italics). وحين كتابة التقارير العلمية أو في أية كتابة من غير كتب المطبعة فإننا نضع خطاً تحت اسم الجنس والنوع للدلالة على أنها حين الطبع النهائي تكتب بأحرف طباعية مائلة... إن تسمية الوحدات نسبة إلى النوع يجب أن يحمل اسم الجنس أيضاً. وبالامكان أن نختصر اسم الجنس وذلك بذكر الحرف الأول منه بعد استعماله لأول مرة إذا لم يحدث ذلك التباساً مع أسماء أجناس أخرى تبدأ بنفس الحرف.

وإذا ورد اسم الجنسين Globigerina و Globorotalia على سبيل المثال فكلاهما يبدآن بالحرفين G فحين اختصارهما يختصر الاسم Globigerina بحرف G. مثلاً والاسم Globorotalia بالأحرف .Grt أو بأي طريقة اختصار بحيث يتم التفريق بينهما. (لاحظ الشكل (3 ـ 15)).

الشرطة أو الشارحة.

إن استعمال عبارات للدلالة على أنواع الوحدات الطباقية الحياتية تكون مركبة، ويستعمل فيها كلمتين عامتين لكي تشكل عبارة ذات معنى خاص وفي هذه الحالة نستعمل الشرطة أو الشارحة بينهما (ـ).

مثال: نطاق ـ مدى (Range - Zone) نطاق ـ مدى ـ مشترك. (Concurrent range - zone) . . . الخ. الاستثناء من هذه القاعدة هو حين استعمال صفة تأتي في بداية الاسم فإننا لا نستعمل فيها الفاصلة.

مثال: نطاق حياتي (Biozone)، نطاق زمني (Chronozone)، نطاق فاصل (Interzone).

الأحرف الكبيرة

إن من المفضل أن تكون بداية أسماء الأنطقة الحياتية أحرف كبيرة.

مثال: Bulimina-Bolivina Assemblage-Zone ، Linoproductus cora Range-zone

الفصل الرابع

الوحدات الطباقية الزمنية «الأنطقة الزمنية»

Chronostratigraphic Units

«Chrnozones»

الوحدات الطباقية الزمنية (Chronostratigraphic Units)

تعريفها:

ذلك الجزء من علم الطبقات الذي يتعامل مع عمر الطبقات وعلاقاتها الزمنية. إن المقطع الأول «Chrono» من الكلمة الانكليزية (Chronostratigraphy) مشتق من الكلمة الإغريقية «Chronos» وتعني «زمن»، لذا فقد استخدم باللغة الانكليزية أحياناً المصطلح «Time-Stratigraphy» للدلالة على الوحدات الطباقية الزمنية.

إن التقسيم الطباقي الزمني إذن هو تنظيم الطبقات الصخرية إلى وحدات نسبة إلى عمرها أو فترة نشوئها.

والوحدة الطباقية الزمنية هي كتلة من الطبقات الصخرية تجمع سوية باعتبارها تمثل الصخور المتكونة خلال فترة محددة من الزمن الجيولوجي، لذا فهي تمثل الصخور المتكونة خلال فترة من التاريخ الجيولوجي.

إن الغاية من التقسيم الطباقي الزمني هو تقسيم تعاقب صخور الأرض إلى وحدات (طباقية زمنية) مفيدة وملائمة وتقابل فترات من «الزمن الجيولوجي» (Geochronologic Units) لكي تخدم كأنظمة تعتبر مرجعاً للعلاقات الزمنية للطبقات ولأحداث التاريخ الجيولوجي.

تحديد العلاقات الزمنية موضعياً

إن مضاهاة الطبقات زمنياً والتعيين البسيط للأعمار النسبية للطبقات في مقطع واحد أو منطقة واحدة مقارنة بمقطع آخر هو مساهمة مهمة في الدراسات الطباقية الزمنية لموقع أو منطقة جيولوجية بغض النظر عن النظام العام للطبقات المقسمة حسب الوحدات الطباقية الزمنية.

تثبيت مقياس مثالي، طباقي زمني على مستوى عالمي

إن الغاية من التقسيم الطباقي هو تثبيت تعاقب منظم لوحدات مسماة ومحددة وذات مستوى عالمي، على أن تقبل عالمياً ويمكن استخدامها كمقياس أساس يرجع له لتعيين أعمار كافة الصخور في كل مكان. ولكي تبين علاقة جميع الصخور في كل مكان نسبة إلى التاريخ الجيولوجي.

إن مقياساً كهذا قد وجد منذ مدة ولكن بشكل أولي وذلك لعدم الاتفاق عالمياً على تحديد وحدات هذا المقياس.

طبيعة الوحدات الطباقية الزمنية

الوحدة الطباقية الزمنية هي كتلة من الطبقات الصخرية التي تؤخذ وذلك لأنها تمثل الصخور المتكونة خلال فترة معينة من الزمن الجيولوجي. لذا فهي تمثل جميع الصخور المتكونة خلال فترة خاصة من تاريخ الأرض، ومحصورة بتلك الصخور المتكونة خلال تلك الفترة الزمنية فقط.

إن الوحدة الطباقية الزمنية يجب أن تعتمد في تشخيصها على مقاطع حقيقية أو تعاقب لطبقات صخرية أو وحدات أخرى يتم تشخيصها على ذلك الأساس.

إن القيمة النسبية للوحدة الطباقية الزمنية هي أنها تتحدد بواسطة طول الفترة الزمنية التي تمثلها وليس بسمكها الصخري.

لقد استعملت عبارة بالانكليزية وهي «Time-Rock Units» وتعني وحدات صخرية - زمنية بدلاً من عبارة وحدات طباقية زمنية «chronostratigraphy». وكما أشرنا سابقاً فإن عبارة Chrono إغريقية تعني «زمن» ولكن عبارة «Time-Rock» لا تعتبر ملائمة لأنها لا تحوي على مفهوم طباقي. كما أن استعمالها في بعض اللغات عدا الانكليزية قد جابهته صعوبة لافتقاره إلى المفهوم الزمني الطبقي. كما أننا لو استعملنا هذا الأسلوب في الاشارة إلى الوحدات الطباقية الأخرى فإنها ستؤدي إلى استعمال عبارات غير ملائمة مثل «صخر - صخر» «Litho-rock»[1] أو «صخر - صخر» «Rock-rock» للدلالة على الوحدة الطباقية الصخرية (Lithostratigraphic Unit)، وعبارة «صخر - حياتي» «Bio-rock» أو «صخر - حياة» «Life-rock» للدلالة على الوحدات الطباقية الحياتية (Biostratigraphic Units).

وقد اقترح أحد الجيولوجيين حلاً لاختصار أسماء الوحدات الطويلة فكلمة «Chronostratigraphic» تختصر إلى «Chronostratic» وكذلك اختصار «Lithostratigraphic» إلى «Lithostratic» وعبارة «Biostratigraphic» إلى «Biostratic»، إلا أن العديد من الجيولوجيين ما زال يفضل استعمال الكلمات الأصلية رغم أنها أطول من الكلمات المختصرة لأنها أكثر دلالة على مفهوم الكلمة.

السطح الطباقي الزمني (Chronostratigraphic horizon)

هو سطح طباقي ذو عمر متساوٍ (Isochronous) في كل نقطة منه وحدود الوحدات الطباقية الزمنية - من الناحية النظرية - هي مستويات متماثلة في العمر.

إن الكلمة «Horizon» تعني حدّاً أو نهاية... مثال على ذلك خط الأفق

---

(1) كلمة Litho بالاغريقية تعني صخر.

الذي يمثل حد التقاء الأرض والسماء، لذا فإن مفهوم السطح الطباقي أو الحد الطباقي يمثل سطحاً رقيقاً جداً.

علاقة الدراسة الطباقية الزمنية بعلم الطبقات.

إن الدراسة الطباقية الزمنية هي إحدى العناصر الأساسية في علم الطبقات.. وذلك للأهمية التي ألقاها علماء الطبقات على العلاقة الزمنية والأعمار بين الطبقات. حتى أن البعض منهم أبدى رغبته في أن يحصر مفهوم علم الطبقات بعمر الصخور والعلاقة الزمنية بين الطبقات.. إلا أن من رأي أعضاء اللجنة الفرعية العالمية للتسمية الطباقية، بأن علم الطبقات يشتمل على دراسة جميع مظاهر الطبقات الصخرية وبذا فهو لا يتحدد بدراسة الوحدات الطباقية الزمنية ولكن بدراسة الصفات الصخرية، ومحتوياتها من الأحافير والصفات الأخرى للطبقات.

العلاقة بين الوحدات الطباقية الزمنية والوحدات الزمنية الجيولوجية

إن علم تحديد الأعمار الجيولوجية (Geochronology) هو علم تحديد عمر وتعاقب الأحداث زمنياً ضمن تاريخ الأرض. والوحدات الزمنية الجيولوجية هي وحدات الزمن الجيولوجي والتي بواسطتها يعبر فيه عن هذا التاريخ... ولأن الأرض برمتها مكونة عموماً من عدة طبقات ولأن السجل الوحيد للتاريخ الجيولوجي يقع في هذه الطبقات، فإن تقسيماتنا للزمن الجيولوجي (الوحدات الزمنية الجيولوجية) تتحدد وتعتمد منطقياً وواقعياً على الوحدات الطباقية الزمنية.

إن تقسيم طبقات الأرض إلى وحدات زمنية جيولوجية نقصد به تقسيم تعاقب صخور الأرض استناداً إلى الزمن. ولكل وحدة طباقية زمنية (جزء من الطبقات الصخرية) يوجد ما يقابلها من وحدة زمنية جيولوجية (جزء من الزمن الجيولوجي). ولذا نلاحظ بأن كل وحدة زمنية جيولوجية تحمل نفس اسم الوحدة الطباقية الزمنية التي تكافئها.

الزمن الجيولوجي ليس مادة محسوسة ولذا فإن الوحدات الزمنية الجيولوجية

ليست وحدات طباقية بذاتها، ولكن الوحدات الطباقية الزمنية تعتبر من الوحدات الطباقية لأنها وحدات يمكن ملاحظتها في الحقل (أي أنها وحدات مادية أو محسوسة).

الزمن الجيولوجي لا يمكن إدراكه بالحواس وكذلك وحداته فهي غير ملموسة. إن الفرق بين الوحدة الزمنية الجيولوجية والوحدة الطباقية الزمنية يمكن توضيحه بأن نأخذ نموذجاً للساعة الرملية (Hourglass أو Sandglass). فالوقت الذي يستغرقه الرمل في المرور داخل الزجاجية يمثل وحدة زمنية وهي ساعة واحدة، ولكن الرمل الذي يمر من خلال الساعة الرملية خلال هذه الساعة الزمنية ليس وحدة زمنية بل إنه وحدة مختلفة تماماً. فهو كتلة ملموسة من الرمل وهو بذلك يمثل وحدة طباقية زمنية (صخرية زمنية)، وذلك لأنه يمثل الترسب المتكون خلال فترة محددة من الزمن الجيولوجي.

عبارات الوحدات الزمنية الجيولوجية والطباقية الزمنية

إن عبارة نطاق (Zone) هي عبارة عامة لوحدة طباقية من أي نوع. فكما في حالة الوحدات الطباقية الحياتية لدينا «أنطقة حياتية» «تسمى اختصاراً» (Biozones) وفي الوحدات الطباقية الصخرية يوجد «أنطقة صخرية» (Lithozones)، لذا فإننا قد نقسم الطبقات إلى وحدات طباقية زمنية ونسميها اختصاراً «أنطقة زمنية» (Chronozones). وهي وحدات بشكل أنطقة تتميز بأنها تمثل جميع الصخور المتكونة في أي مكان من العالم خلال امتداد زمني محدد ببعض المظاهر الجيولوجية أو جزء محدد من طبقات صخرية معينة.

إن الصفة الدالة للمدى الزمني قد تكون على سبيل المثال الامتداد الزمني لوحدة طباقية. حياتية أو لوحدة طباقية صخرية أو أي مظهر آخر لطبقات لها امتداد زمني. إن النقطة المهمة هنا هي أن النطاق الزمني يضم جميع الطبقات المتكونة في أي محل خلال امتداد الزمن المحدد هذا، بغض النظر عن الامتداد الأفقي (الجغرافي) لذلك المظهر والذي يكون قد استخدم بالأصل لتحديد النطاق.

وقد تكون «الأنطقة الزمنية» (Chronozones) ذات أمدية زمنية واسعة، لذا قد نتكلم عن نطاق الزمن للأمونايت الذي قد يضم جميع الطبقات الصخرية التي تكونت خلال الفترة الزمنية الطويلة التي تواجد فيها الأمونايت (بغض النظر عما إذا كانت الطبقات تحوي على أمونايت أم لا). أو قد نتحدث عن «نطاق زمني» (Chronozone) للنوع Exus albus وهو نوع ذو امتداد زمني قصير جداً ولذا فهو يضم صخوراً مطبقة محددة جداً في امتدادها العمودي.

إن من الضروري الاشارة إلى أن عبارة «نطاق زمني» (Chronozone) قد تستعمل بمفهوم ضيق كوحدة رسمية في التقسيم الطباقي الزمني أقل من «المرحلة» (Stage). جدول (4 ـ 1) إلا أن البعض لا يفضل هذا الاستخدام.

إن اللجنة الفرعية العالمية للتقسيمات الطباقية قد أوصت خلال السنوات الأخيرة بالتقسيم الموضح في الجدولين 4 ـ 1 و 4 ـ 2.

جدول (4 ـ 1)

التقسيم الهرمي للوحدات الطباقية الزمنية وما يقابلها من وحدات زمنية جيولوجية

الوحدات الطباقية الزمنية (Chronostratigraphic)		الوحدات الزمنية الجيولوجية (Geochronologic)	
أيونوثيم	(Eonothem)	أيون (أبد)	(Eon)
الأراثيم	(Erathem)	دهر	(Era)
نظام	(System)	عصر	(Period)
سلسلة	(Series)	حين	(Epoch)
مرحلة	(Stage)	عمر	(Age)
نطاق زمني	(Chronozone)	زمن	(Chron)

ملاحظات إضافية حول الجدول (4 ـ 1)

قد نستخدم العبارات تحت (-Sub) وأعلى (-Super) مع العبارات نظام وسلسلة ومرحلة وكذلك ما يقابلها من وحدات زمن جيولوجي إذا دعت الحاجة لذلك، فقد تستعمل عبارة «فوق نظام» (Supersystem) أو «تحت سلسلة» (Subseries) أو «فوق عمر» (Superage). . . وهكذا.

الجدول (4 ـ 2)
الوحدات الزمنية الجيولوجية والوحدات الطباقية الزمنية

الدهر / الإراتيم	العصر / المنظومة	الحين / سلسلة	العمر / المرحلة	
سينوزوي	الرابع	هولوسيني	Flandrian	
		بليستوسين	Weichselian (Tubantian)	
			Eemian	
			Saalian (Drenthian)	
			Needian (Holsteinian)	
			Elsterian	Taxoderian
			Cromerian	
			Menapian	
			Waalian	
			Eburonian	Icenian
			Tiglian	
			Pretiglian	Amstelian
			Villafranchian	
	الثالث	نيوجين: بليوسين (L, U / E, L)	Astian	
			Plaisancian	
			Pannonian	
		نيوجين: ميوسين (L, U / M, M / E, L)	Sarmatian	
			Vindobonian	
			Burdigalian	Girondian
			Aquitanian	
		باليوجين: أوليجوسين	Chattian	
			Stampian	
			Sannoisian	
		باليوجين: إيوسين	Priabonian	
			Lutetian	
			Ypresian	
		باليوجين: باليوسين (E, L)	Landenian	
			Montian	
			Danian	
ميروزوي	الكريتاسي	L / U — GULFIAN	Maastrichtian	
			Campanian	Senonian
			Santonian	
			Coniacian	
			Turonian	
			Cenomanian	
		E. / L. — COMANCHEAN	Albian	
			Aptian	
			Barremian	
			Hauterivian	
			Valanginian	
			Berriasian	
	الجوراسي	L. / U.	Tithonian	Malm
			Kimmeridgian	
			Oxfordian	
		M / M.	Callovian	Dogger
			Bathonian	
			Bajocian	
		E. / L.	Aalenian	Lias
			Toarcian	
			Pliensbachian	
			Sinemurian	
			Hettangian	
	الترياسي	L. / U.	Rhaetian	
			Norian	
			Carnian	
		M / M.	Ladinian	
			Anisian	
		E / L.	Scythian	

الدهر / الإراتيم	العصر / المنظومة		العمر / المرحلة	
باليوزوي	البرمي	L. / U.	Tartarian	
			Kazanian	
		M. / M.	Kungurian	
		E. / L.	Artinskian	
			Sakmarian	
	الكربوني: البنسلفاني		Stephanian (Uralian)	Silesian
			Westphalian (Moscovian)	
			Namurian	
	الكربوني: الميسيسبي		Visean	Dinantian
			Tournaisian	
	الديفوني	L. / U	Fammenian	
			Frasnian	
		M. / M.	Givetian	
			Eifelian	
		E / L.	Emsian	
			Siegenian	
			Gedinnian	
	السلوري	L. / U.	Pridolian	
			Ludlovian	Salopian
		E. / L.	Wenlockian	
			Llandoverian	
	الأوردونيشي	L / U.	Ashgillian	
			Caradocian	
		M. / M.	Llandeilian	
			Llanvirnian	
		E. / L.	Arenigian	
			Tremadocian	
	الكمبري	Late / Upper		
		Medial / Middle		
		Early / Lower		
الحياد الخفية	ما قبل الجمبري أقدم المضويات المعروفة أقدم الصخور المعروفة			
اللاحياة	الزمن قبل الجيولوجي أصل الأرض			

التسميات الرسمية وغير الرسمية.

إن التسمية الرسمية (Formal) هي تلك التي تقع ضمن التقسيمات الهرمية للوحدات الطباقية الزمنية أو الزمنية الجيولوجية وتتم بالشكل الذي يتفق مع تعليمات استحداث الوحدة الطباقية الزمنية أو الزمنية الجيولوجية.

والاستعمال غير الرسمي (Informal) هو أن ترد عبارة بصورة عامة بدون مدلول محدد لأحد التقسيمات الهرمية المشار إليها سابقاً. مثال على التسمية الرسمية هو النظام الكامبري (Cambrian System)، سلسلة المايوسين (Miocene Series) أما الأمثلة على التسميات غير الرسمية فهي عبارات مثل: نطاق زمن (Chronozone)، عمر (Age)، فترة (Period)... الخ. فنقول: نطاق زمن الداينوصور، عمر الصخور، فترة ترسيب الصخور.

ونود أن نشير إلى أن عبارات عمر (Age) وعصر (دور) (Period) تستخدم أيضاً كتسمية رسمية للوحدات الزمنية الجيولوجية. ويمكن التفريق بين مدلولها الرسمي وغير الرسمي وذلك بالطريقة التي ترد فيها العبارات فحينما نقول «العصر الكامبري» (Cambrian Period) فمن الواضح أننا نقصد الفترة الزمنية الجيولوجية المكافئة للنظام (System).

كما أنه حين الاستخدام الرسمي فإن الحرف الأول من الكلمة يكون حرفاً كبيراً (Capital letter) باللغة الانكليزية، ولعدم وجود حروف كبيرة وصغيرة في اللغة العربية فإن طريقة التفرقة تكون من سياق الجملة. كما أنه قد يكون من المفضل وضع المصطلح الانكليزي مع العربي حين الاستخدام الرسمي، لبيان أن الاستخدام رسمي ولتوضيح المقصود بالعبارة العربية وذلك لتعدد الكلمات المستخدمة في ترجمة المصطلح الانكليزي الواحد.

المستويات الطباقية الزمنية الدالة (المستويات الزمنية)

بالإضافة إلى الوحدات التي تضم طبقات صخرية ذات سمك كبير فإن هناك طبقات أخرى من الوحدات الطباقية الزمنية ذات أهمية عملية كبرى في المضاهاة الزمنية، تلك هي المستويات الطباقية الزمنية الدالة (Chronostratigraphic marker

horizons) أو الطبقات الدالة (Marker beds). وقد سميت بتسميات، عدة فهي تسمى أحياناً مستويات (horizons)، مستويات زمنية (Chronohorizons)، دلائل، شواخص (Markers)، طبقات دالة (Marker beds) الطبقات المفتاح (Key beds)، المستوى (Datum).

إن مميزاتها الأساسية كونها رقيقة جداً وواضحة وذات عمر واحد في المنطقة الجغرافية التي تتواجد فيها. ولذا فهي تمثل مستوى مرجعياً نموذجياً للزمن. ومن أمثلتها بعض الأنطقة الحياتية (Biohorizons)، مستويات الانعكاس (الانعطاف) المغناطيسي (Magnetic reversal)، طبقات فحم، بعض السجلات الكهربائية. إن الزمن الجيولوجي المكافئ لهذا المستوى (Horizon) في التشخيصات الطباقية الزمنية هو اللحظة (Moment) أو (Instant).

(أ) طرق تشخيص الوحدات الطباقية الزمنية

كما في الوحدات الطباقية الأخرى فإن كل وحدة طباقية زمنية لها تعريف واضح وثابت بحيث تعطي مفهوماً واحداً في كل مكان من العالم.

إن من الأجزاء الرئيسية في تعريف وحدة طباقية زمنية المفهوم الزمني. ولما كان السجل الوحيد للزمن الجيولوجي والأحداث الجيولوجية يقع في الطبقات الصخرية نفسها، يبدو من الضروري بأن خير ما يعبر عن وحدة طباقية زمنية وأفضل مرجع يبين دلائلها هو الفترة الزمنية المحصورة ما بين نقطتين دالتين تحويان بينهما طبقات صخرية وتمثلان «حدود المقاطع النموذجية» (Boundary - Stratotypes). لذا فإن الفترة الزمنية التي تمثلها الوحدة الطباقية الزمنية تشمل صخوراً مترسبة في نفس الفترة في كل مكان... ويمكن أن تمد حدود تلك الوحدة الطباقية الزمنية إلى أي مكان من العالم.

(ب) حدود المقاطع النموذجية (Boundary - Stratotypes)

إن النقطتين الدالتين في التعاقب الطباقي تمثلان الحد الأعلى والأسفل من المقاطع الطباقية الزمنية وتمثلان نقاط المرجع لمستويين زمنيين يحددان مقطعاً

معيناً من الطبقات، أي جميع الطبقات المترسبة أو المتكونة في أي مكان بالعالم خلال الزمن ما بين فترتين تمثلان هذين المستويين، وبذا فهي تمثل فترة معينة من الزمن الجيولوجي... وهي تمثل حدوداً مثالية ثابتة للوحدة ويمكن لكل شخص مراجعتها.

(جـ) وحدة المقطع النموذجي (Unit Stratotype)

إن المقطع النموذجي لوحدة طباقية زمنية هو مقطع معين مستمر في تعاقبه ومتكامل يمثل تلك الوحدة في المنطقة التي استحدث فيها وتمت تسميته ويتم اختيار المقطع النموذج لأنه يمثل الحدود النموذجية السفلى والحدود النموذجية العليا للوحدة، وبذا فهو ملائم لتحديد المدى الزمني للوحدة.

الامتداد الجغرافي لحدود الوحدات الطباقية الزمنية

(أ) طبيعة الحدود الطباقية الزمنية

بعد أن نشخص «الحدود الطباقية المثالية» (Boundary- stratotype) للوحدة الطباقية الزمنية من الممكن أن تجري المحاولة لمد هذه الحدود جغرافياً إلى أبعد مدى ممكن من المقطع النموذجي. إن حدود الوحدة الطباقية الزمنية يجب أن تكون وحسب تعريفها سطوحاً ذات عمر واحد في كل مكان (Isochronous surfaces) بحيث أن الوحدات سوف تضم في كل مكان جميع الصخور الطبقية من نفس العمر.

ب ـ المضاهاة ـ الزمنية (Chronocorrelation or Time- correlation)

إن عملية إجراء المضاهاة في المفهوم الطباقي هي إظهار التماثل في الصفة والموقع الطباقي.

هناك عدة أنواع من المضاهاة الطباقية اعتماداً على المظهر الذي يُراد التركيز عليه. لذا فالمضاهاة الصخرية تعني إظهار التماثل في الصفة الصخرية والموقع الطباقي. ومضاهاة طبقتين ذات متحجرات هي لإظهار التماثل في محتوياتها من الأحافير والموقع الطباقي.

إن التركيز في المضاهاة الطباقية الزمنية هو على المضاهاة الزمنية وهو توضيح للتماثل في العمر والموقع الطباقي.

وبالنظر لأن وسائل المضاهاة الزمنية غير كاملة فإن إجراء المضاهاة سيكون هدفه إظهار مدى التقرب من السطح المتماثل بالعمر في الحدود الطباقية الزمنية لأي منطقة بعيدة عن المواقع النموذجية. إن من الضروري استخدام كل الوسائل للمضاهاة الزمنية وجميع الأدلة للمواقع الطباقية الزمنية ومن هذه الأدلة استعمال الأحافير من عدة أنواع؛ تعقب الطبقات في الحقل، تعاقب الطبقات في العمود الطباقي، الصفة الصخرية، تقدير العمر بالمواد المشعة (Radiometric dating) مؤشرات السجلات الكهربائية، عدم التوافق، تقدم وتراجع البحر، الفعاليات البركانية. إن هذه السطوح المتماثلة بالعمر في الوحدات الطباقية الزمنية تعتبر من الناحية العملية مستقلة عن حدود أية وحدة طباقية أخرى ما عدا ما تقدمه من أدلة موضعية على المواقع الطباقية الزمنية.

إن حدود الوحدات الطباقية الزمنية قد تقطع حدود الوحدات الطباقية الأخرى.

أدلة المضاهاة الزمنية

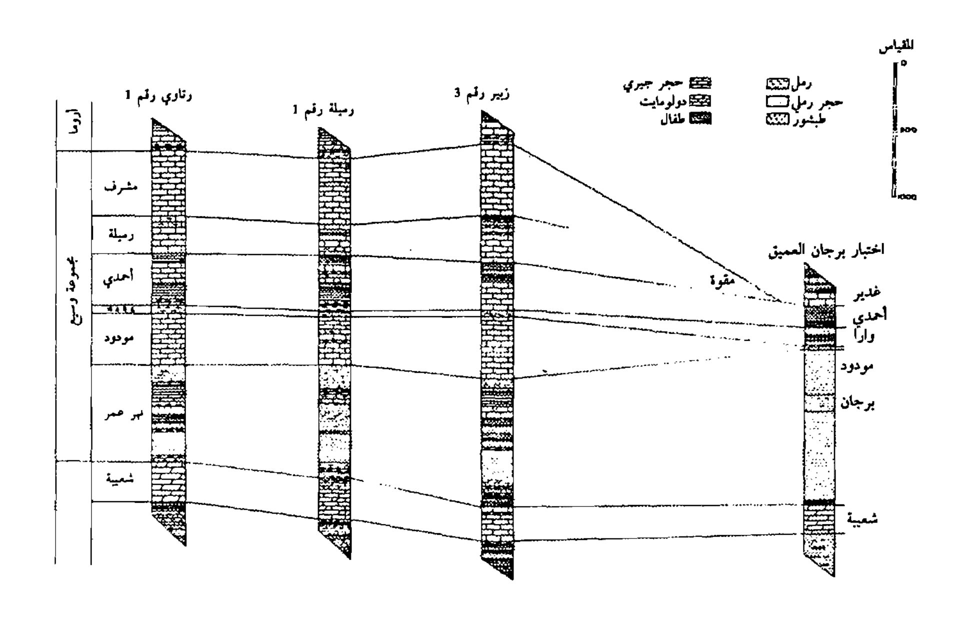
(أ) إن إحدى الوسائل البسيطة والواضحة جداً لتقدير العمر النسبي أو الموقع الطباقي الزمني للطبقات الصخرية توجد في العلاقات الطبيعية. فالقانون التقليدي «لتعاقب الطبقات» (Superposition of Strata) ينص على أن أي تعاقب للصخور غير متأثر بالحركات الأرضية، تكون الطبقات العليا هي أحدث من التي تقع إلى الأسفل منها.

لذا فالطبقات التي في الأسفل تكونت أولاً والتي في الأعلى تكونت آخراً. وحين تعقب سطح أية طبقة مستمرة إلى مسافات قريبة فإن ذلك السطح يعتبر ذا عمر واحد في جميع نقاطه. وتبدأ المشكلة حينما تتعرض الطبقات إلى حركات أرضية تؤدي إلى انقلابها أو اندفاع للطبقات فوق غيرها (overthrust)، أو عندما تكون هناك فعالية بركانية تدفع بالحمم البركانية الحديثة لكي تخترق طبقات أقدم

منها، أو إذا كانت هناك كتلة من الملح أو الجبس تندفع نحو طبقات أحدث منها. عندئذ يتأثر الوضع الطبيعي للطبقات وتصبح بعض الصخور الأقدم عمراً في وضع أعلى من الصخور الأحدث عمراً.

إن من الصعوبات الكبيرة التي تواجه وضع الطبقات الصخرية استناداً إلى الصفات الصخرية عدم استمرارية المكشف الصخري (اختفاء الصخور تحت الأرض) أو عدم الاستمرار وذلك للتغيرات الجانبية، انقلاب الصخور، عدم توافق، انفلاق (Faulting) الصخور، اندفاعات الحمم الصهيرية. . . الخ.

حتى في هذه الحالات فإن بالامكان إجراء المضاهاة بالاستناد إلى الصفات الفيزيائية للصخور أو القيام بتعقب الصخور وتحديد موقعها الدقيق في تعاقب طبقي أو باستعمال الوسيلتين. لاحظ الشكل (4 ـ 1).



شكل (4 ـ 1)

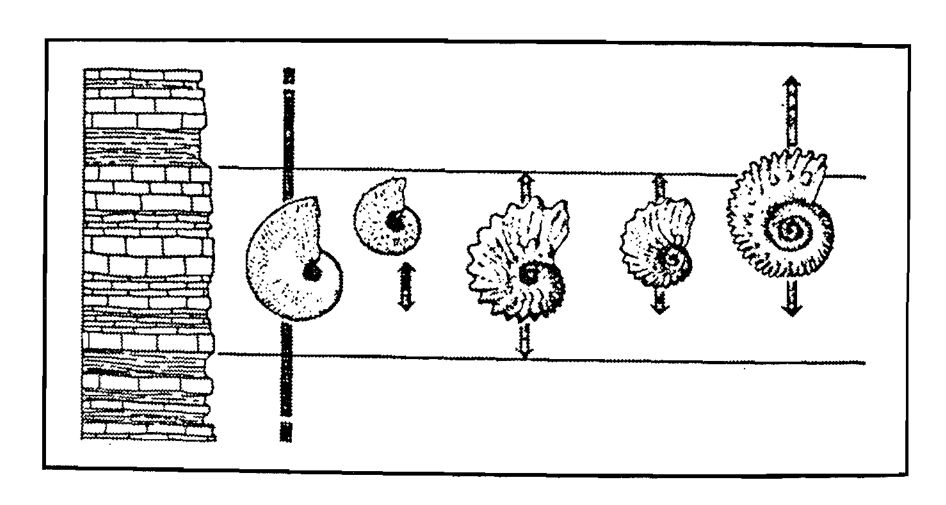
مضاهاة التكاوين التي تعود إلى مجموعة وسيع في مناطق البصرة والكويت

(المصدر Owen & Nasr, 1958).

إن هذه المضاهاة قد لا تكون مضاهاة زمنية دقيقة ولكنها قد تكون مساعدة في تحديد العمر النسبي وبصورة عامة فإن المضاهاة استناداً إلى صفات فيزيائية هي في معظم الأحيان محصورة في مناطق ضيقة.

(ب) الأحافير

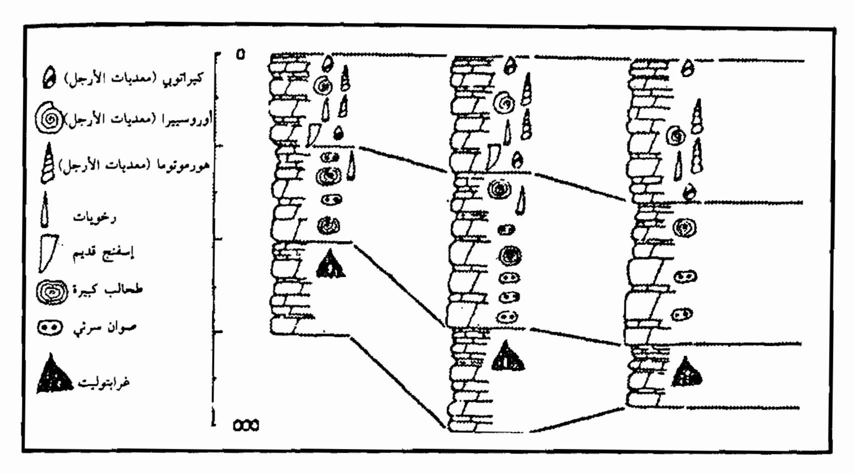
أصبحت الأحافير بسبب صفاتها المتميزة وتواجدها في الصخور الرسوبية واحدة من أحسن الطرق وأوسعها انتشاراً في تعقب الصخور، وبذا فهي تفيد في تحديد العمر النسبي. وأهم من ذلك ونتيجة لتطورها العضوي بتقدم الزمن فقد أصبحت لوحدها أحد الأدلة الرئيسية في تحديد الموقع النسبي للصخور في العمود الجيولوجي والزمن الجيولوجي، أي تحديد الوحدات الطباقية الزمنية على مستوى عالٍ. وبسبب عدم انعكاس خط التطور بتقدم الزمن الجيولوجي ونظراً للانتشار الواسع للأحافير في العديد من الصخور الرسوبية منذ العصر الكامبري، فقد أصبحت وسيلة لتحديد العمر فوق مناطق واسعة ومتباعدة للطبقات. (لاحظ الشكلين (4 ـ 2، 4 ـ 3)).



شكل (4 ـ 2)

استعمال امتدادات الأحافير للمضاهاة. امتداد الأحفورة في اليسار ذو مدى طويل لذا فهي غير مفيدة في المضاهاة، بينما امتدادات الأحافير الأخرى قصيرة وبذا فهي ذات فائدة في المضاهاة. السهم يمثل بداية ظهور واختفاء المتحجر (الشكل محوّر من المصدر Trabuck & Lutgens, 1982)

ورغم الدقة والتوسع الكبير في استعمال الأحافير كأدوات لتحديد الأعمال الجيولوجية فإن للأحافير بعض السلبيات في استخدامها، وحتى في «أبد الحياة الظاهرية» (Phanerozoic Eon). وهذه السلبيات هي:



شكل (4 ـ 3)

المضاهاة بواسطة مجاميع الأحافير في طبقات ذات صفات صخرية متماثلة

(الشكل محور من المصدر Mathews, 1964).

(أ) إن الأحافير لا تعطي عمر الصخور بالسنين بل الأعمار نسبية.

(ب) لا تتواجد الأحافير في جميع الصخور الرسوبية.

(جـ) تغير البيئة قد لا يسمح لنفس الأحفورة بالعيش في بيئة مختلفة لذا فإن هناك عدداً قليلاً جداً ـ إن لم نقل لا توجد على الاطلاق ـ من الأحافير تتواجد في جميع أنحاء العالم وبنفس المستوى الطباقي الزمني.

(د) الوقت الذي تستغرقه الأحياء للهجرة يؤدي إلى اختلاف حقيقي في أعمار الصخور استناداً إلى تواجد نفس الأحفورة الدالة في منطقتين.

(هـ) عدم دقة بعض الباحثين في العمل يؤدي إلى عدم إيجادهم لأحافير أو أنواع دالة مما يؤثر على نتائج بحوثهم.

(و) إن الصخور العائدة لما قبل الكامبري تمثل 85٪ من الزمن الجيولوجي ويفتقر الجزء الأعظم منها إلى أحافير مفيدة في تقدير الأعمار أو المضاهاة.

حساب عمر الأرض وأزمنة العمود الجيولوجي

لقد حاول الفلاسفة الأقدمون تقدير عمر الأرض، فقد قدر الكهنة الهندوس (Brahmins) في الهند خلق الأرض منذ الأزل... كما ساد العالم المسيحي لفترة اعتقاد بأن عمر الأرض هو حوالي 5600 سنة... إن التقدير الأخير لعمر الأرض الذي انتشر في غرب أوروبا خلال العصور الوسطى جاء من الافتراض بأن العهد القديم (Old Testament) يحوي على التاريخ الكامل للعالم... وقد عزز رجال الكنيسة الانكليكان (Anglican) ذلك الاعتقاد في أواسط القرن السابع عشر... وأولهم جون لايتفوت (John Lightfoot) نائب رئيس جامعة كامبردج الذي استنتج عام 1642م بأن لحظة الخليقة كانت «الساعة التاسعة من صباح يوم 7 سبتمبر» ولم يحدد سنة خليقة الأرض. وفي فصول إضافية في عام 1644م حدد السنة التي خلقت بها الأرض واعتبرها 3928 قبل الميلاد وبعد ست سنوات قام رئيس الأساقفة أوشر (Archbishop Usher) من إيرلندة بتعديل التاريخ وجعل خليقة الأرض في الليلة التي سبقت يوم 23 تشرين أول/ أكتوبر عام 4004 ق.م... وقد أضيفت السنة 4004ق.م. من قبل لويد (Loyd) الذي كان أسقف ونشتر.. وقد قبلت بشكل نهائي في حينها من قبل علماء اللاهوت وظهر ذلك التاريخ كملاحظة في الطبعة 1701 الكبرى للإنجيل الانكليزي (أي أن عمر الأرض هو 5654 سنة).

وفي عام 1900م أوقفت مطبعة جامعة كمبردج طبع تلك الملاحظة التي ذكرت... وتلتها بعد عشر سنوات في ذلك مطبعة جامعة أوكسفورد.

وفي عام 1749م اقترح كونت فرنسي هو دي بافون (Count de Buffon) في الجزء الأول من كتابه التاريخ الطبيعي (Natural History) أن الأيام الستة لخليقة الأرض والتي ذكرت كانت ستة فترات طويلة من الزمن... ولكنه أجبر بقوة الكنيسة على التراجع وأن يعلن بأن ما ورد في العهد القديم عن خلق يحمل القصة الكاملة والصادقة لتاريخ العالم.

لذا ينحصر عمر الأرض بفترة تقرب من 4000 سنة جعل من المستحيل القبول باقتراح كونت بافون وآخرون بأن المظاهر الطوبوغرافية كالجبال والأنهار قد

نشأت بشكل تدريجي وبطيء... بل على العكس من ذلك فحسب نظرية الكوارث وما يماثلها من الاعتقاد بأن عمر الأرض قصير فإن الأنهار عبارة عن شقوق حدثت نتيجة لهزات أرضية بينما الجبال ارتفعت بسرعة كبيرة وبقوة هائلة من داخل الأرض... وأن وجود الحصى والرمل الذي يغطي مناطق متباعدة من سطح الأرض كان بسبب طوفان نوح... وقد سيطرت على الفكر الأوروبي منذ العصر الوسيط وحتى نهاية القرن الثامن عشر تقريباً قصة الفصل الأول من الخليقة في ستة أيام.

المحاولات العلمية لتقدير عمر الأرض

1 ـ محتويات المحيطات من الأملاح

وقد جرت عدة محاولات لتقدير عمر الأرض كانت إحداها اقتراح قدمه هالي (Edmund Halley) في عام 1715م بأن عمر الأرض يمكن حسابه استناداً إلى محتويات البحار والبحيرات من الأملاح مثل دراسة أملاح البحر الميت الذي ليس لديه منفذ لخروج المياه منه.

وقد قام الجيولوجي جولي (J. Jolly) في عام 1891م بأول تقدير لعمر الأرض استناداً إلى هذه الطريقة وذلك بحساب كمية الصوديوم المنقول إلى المحيطات بواسطة أنهار العالم سنوياً. ومن ثم قسم محتويات البحر من الصوديوم وهو 10,56 جزءاً من الألف على ما يضاف سنوياً فيكون الناتج عمر الأرض وقد افترض الفرضيات التالية في عمله:

1 ـ إن مياه البحر الأولية لم تكن مالحة.

2 ـ إن ملح الطعام (NaCl) المتكون من تعرية القشرة الأرضية قد نقل إلى البحر حيث بقي معظمه في حالة ذوبان.

3 ـ إن المعدل الحالي السنوي لإضافة ملح الطعام يمثل المعدل العام لجميع الأزمنة الجيولوجية. وقد حسبت نسبة الأملاح في البحار كما أن كمية الأملاح المضافة جرى حسابها بواسطة عدادات وضعت عند مصبات الأنهار

الكبرى وبذلك قدرت الكمية السنوية من الأملاح المضافة إلى البحر.

وحينما تمت هذه التقديرات في عام 1899م كان تقدير عمر الأرض هو 100,000,000 سنة وقد ثبت بعد ذلك عدم صلاحية هذه الطريقة... فإن العملية التي اعتمدت عليها هذه الطريقة غير صحيحة لأنها تعتمد على متغيرات يصعب قياسها، كما أن نسبة حدوث العمليات غير متجانسة خلال الأعمار الجيولوجية. فهناك اختلاف في معدلات سقوط الأمطار وكميات الملح المضافة أو نسبة التبخر... الخ.

وقد ظهر في النهاية بأن هذه الفترة لا تعتبر كافية لأحداث التطور العضوي، كما أنها في كل الأحوال لا تمثل عمر الأرض الكلي.

2 ـ حساب سمك الرواسب

إن هذه الطريقة تعتمد على قياس سمك الصخور الرسوبية في العمود الجيولوجي ثم يحسب الزمن اللازم لترسب كل نوع من أنواع الصخور الرسوبية حالياً ومن ذلك نحسب الزمن الذي استغرقه ترسب الأنواع المختلفة من الصخور في العمود الجيولوجي برمته ويكون ذلك عمر الأرض.

مثال: لنفترض أن سمك الحجر الرملي في العمود الجيولوجي هو 10كم... وأن الزمن اللازم حالياً لترسب 10 سنتيمترات من الحجر الرملي هو 10 سنوات فيكون الزمن الذي ترسب فيه مجمل الحجر الرملي (10كم) في العمود الجيولوجي هو 10 مليون سنة... ثم نضيف له الزمن اللازم لترسب الحجر الجيري في العمود الجيولوجي بنفس الطريقة... ثم الأزمنة اللازمة لترسب الأنواع الأخرى من الصخور... فيكون مجموعها هو عمر الأرض.

وتعود مبادىء فكرة استخدام حساب سمك الصخور المترسبة كأساس لحساب عمر الأرض إلى المؤرخ الإغريقي المعروف هيرودتس الذي لاحظ فيضان نهر النيل واستنتج بأن دلتا النيل قد نمت نتيجة لهذه الزيادة السنوية في كمية المواد الطينية المحمولة بواسطة النهر والمترسبة في الدلتا. وقدر بأن دلتا النيل قد تكونت خلال عدة آلاف من السنين.

وهناك ترسبات موضعية ومنها يمكن حساب معدل الترسيب وعمره تقريباً. . . وهي ترسبات الطين التي تعقب الثلاجات (Postglacial varve clay) التي يظهر فيها ترسبات صيفية وأخرى شتوية كحلقات نمو الأشجار.

كما جرت محاولات لتقدير أعمار ترسبات من خلال تعاقب صخور معينة، ومن أمثالها طبقات بحيرة النهر الأخضر (Green River Lake) ذات عمر الآيوسين في ولاية وايومنج (Wyoming) الأميركية حيث قدر برادلي (Bradley) أن 3,600 قدم من هذه الترسبات استغرق تكونها 6,500,000 سنة.

كما كان يؤمل بقياس كتلة الصخور الرسوبية بأجمعها، وبقياس زيادة الرواسب المنقولة سنوياً إلى البحر، إمكانية حساب كم مضى على فترات التعرية على سطح الأرض. . . إلا أننا لا نملك للأسف تأكيداً بأن معدلات التعرية والترسيب متماثلة في كافة الأعمار الجيولوجية، كما أن كمية الصخور المترسبة منذ البداية يصعب حسابها. إضافة إلى أن بعض الصخور تتعرض إلى عوامل تعرية وترسيب ثم تعرية ثانية بشكل متعاقب كما أن بعضها تعرض إلى عوامل تحول.

3 ـ النظائر المشعة

في عام 1895م أعطى بكريل (Becquerel) تسمية مواد مشعة لظاهرة لاحظها في بعض مركبات اليورانيوم. . . فهي تؤثر على أفلام التصوير حتى لو غلفت بمواد سميكة. وبعد ثلاث سنوات نجحت مدام كوري (Madam Curie) وزوجها بيير كوري (Pierre Curie) بعزل عنصرين مشعين قويين من اليورانيوم من البتشبلند (Pitchblendes) الذي يحمل معدن اليورانيوم. . سمي أحدهما بولونيوم (نسبة إلى بولندة ـ بلد مدام كوري) والآخر راديوم. ثم اكتشفت معادن مشعة أخرى بعد ذلك. . . وقام رذرفورد (Rutherford) في عام 1899 بدراسة الطبيعة الاشعاعية لها. واكتشف أشعة ألفا وأشعة بيتا. وبعد سنة اكتشفت مدام كوري أشعة كاما.

ولاحظ الفيزيائيون والكيميائيون الذين اشتغلوا على النظائر المشعة بأن العناصر قد تفقد قابليتها الاشعاعية ـ أي تتحلل ـ بشكل ثابت ولكن بمعدلات مختلفة. وتمكنوا من تقدير نصف العمر «Half Life» بشكل دقيق. وهذا التحلل

الاشعاعي لا يتأثر بالعوامل الكيميائية ولا بالطرق التقنية المستخدمة في المختبرات كما أنه لا يتأثر بالعوامل الجيولوجية. . . لذا فقد استند العلماء على هذه العناصر في تحديد أعمار الصخور التي تتواجد بها هذه العناصر المشعة وهناك عدة طرق لتحديد الأعمار بواسطة النظائر المشعة (Radiometric dating):

1 ـ طريقة الرصاص ـ يورانيوم ـ ثوريوم.

2 ـ طريقة بوتاسيوم ـ أرجون.

3 ـ طريقة الهليوم.

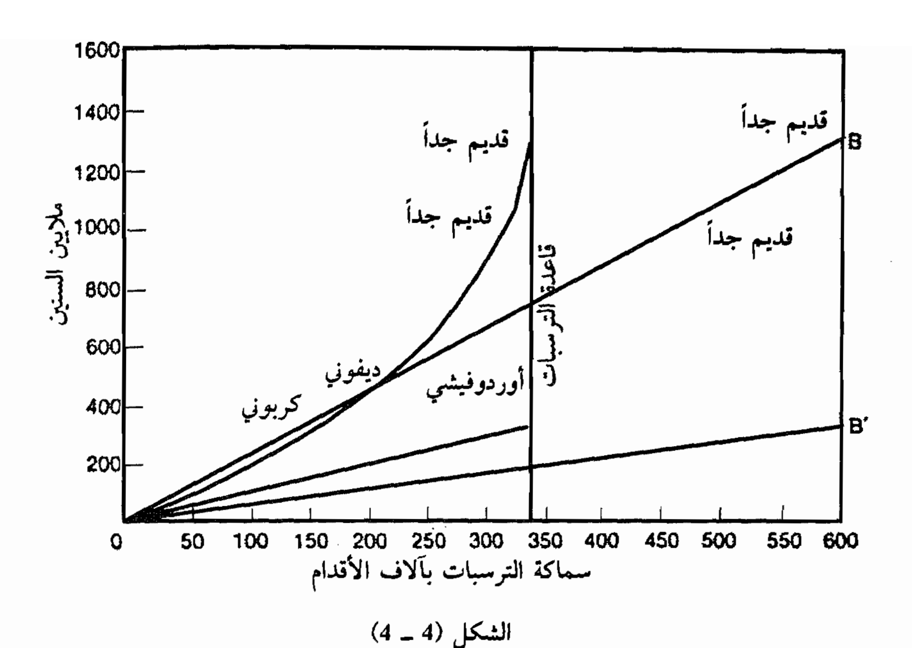
4 ـ طريقة الربيديوم ـ سترونتيوم.

وجميع هذه الطرق تعتمد على الحقيقة العلمية لطبيعة هذه العناصر حيث أنها حين تحللها فإن بعض ذراتها (Atoms) تفقد الكترونات وأجزاءً من نوياتها (Nuclei). هذا الفقدان يحول العنصر الأصلي إلى عنصر أو عناصر جديدة. . . ونسبة كمية العناصر المتحللة إلى كمية العنصر الأصلي والمحسوبة في أية فترة زمنية تعطي تقديراً لعمر النموذج الذي يحويها وذلك لأن نصف العمر (Half life) ثابت للعنصر الواحد. . .

ولسنا في مجال الدخول في تفصيلات عمليات حسابات العمر، إلا أن هذه الطريقة في الحساب رغم دقتها فإنها معرضة لاحتمالات الحسابات الخاطئة نتيجة للدقة التي تحتاجها في العمل واحتمالات تسرب بعض الغازات التي تنتج من عملية التحلل مما قد يعطي نتائج خاطئة. وبذا فإن تقسيم العمود الجيولوجي لأبد الحياة الظاهرة (Phanerozoic Eon) استناداً إلى النظائر المشعة قد تقدم تدريجياً.

وأول من قام بمحاولة بناء العمود الجيولوجي على هذا الأساس هو هولمس (Arthur Holmes) في عام 1913.

وقد حدد هولمس أربعة أعمار مختلفة لصخور زمن الحياة الظاهرة (Phanerozoic Eon) وذلك لاستخدامه أربعة نظائر مشعة مختلفة أو لاستخدامه نظائر متماثلة ولكن من صخور مختلفة. وقد وضع هذه الأعمار التي حصل عليها مع سمك الطبقات الصخرية (لاحظ الشكل (4 ـ 4)).



الشكل (4 ـ 4)

جدول الزمن الجيولوجي باستعمال النظائر المشعة استناداً إلى ثلاثة أعمار تعود إلى الفانيروزوي (Phanerozoic) واثنان إلى ما قبل الكامبري (Precambrian). وقد رسم الخط (A) على افتراض أن معدل الترسبات كان أبطأ في ما قبل الكامبري (Precambrian) والخط (B) على افتراض أن معدل الترسبات في ما قبل الكامبري (Precambrian) كان مساوياً لمعدل الترسبات في أبد الحياة الظاهرة (الكامبري وما بعده) (Phanerozoic)... الخطوط (A) و (B) تمثل أعماراً اشتقت من معلومات جيولوجية بحتة وهي تشير إلى عمر 300 مليون سنة.

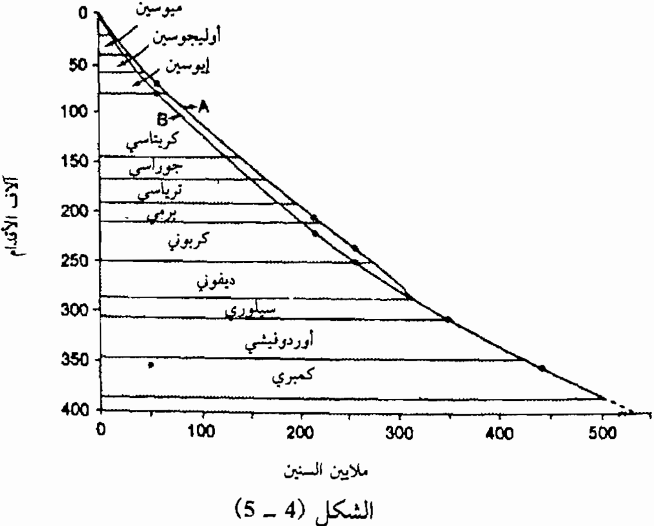
وما يستحق الانتباه إليه فعلاً في هذا الجدول هو أننا لو أخذنا سمك الصخور المترسبة في العمود الجيولوجي منذ الكامبري حتى الآن باعتباره 250,000 قدم فإن الزمن الجيولوجي لبداية العصر الكامبري هي 600 مليون سنة وهو الزمن الذي حسب لترسيب هذا العمود وهذا الرقم يطابق ما هو متفق عليه الآن استناداً إلى الحسابات بواسطة النظائر المشعة... أي أن طريقة حساب سمك الصخور كوسيلة لحساب عمر الأرض أو العمود الجيولوجي لمنطقة ما جاء صحيحاً في هذه الحالة.

ثم أجرى هولمس حسابات أخرى بواسطة النظائر المشعة (لاحظ الشكل 4 ـ 5)) أصدرها عام 1946م. والسنوات التي أعقبت ما نشره هولمس في عام 1947

شهدت تطوراً كبيراً في دراسة العناصر المشعة لتحديد أعمار الصخور (Geochronometry). ولم يمض عقد من السنين إلا وطرق استخدام بوتاسيوم - أرجون (K - Ar). وربيديوم - سنتروتيوم (Rb- Sr) لتحديد الأعمار وقد حدد بشكل ثابت.

ثم أصدر جدولاً آخر (لاحظ جدول (4 ـ 3)) وفيه حسابات هولمس للأعوام 1937، 1947، 1959 وكالب (Kulp) لعام 1961، والأحرف «G. S. L.» الواردة في الجدول لعام 1964 تعني دراسة «الجمعية الجيولوجية البريطانية» (Geological Society of London)، أي ما يعتبر أحدث قياس للعصور الجيولوجية.

ثم تقدمت الوسائل التقنية واشتقاق الأعمار الجيولوجية وكان السؤال بعد ذلك: ما هو عمر أقدم الصخور في الأرض؟ ما هي أقدم الصخور التي تحوي على دلائل الحياة العضوية؟ أي ما هي أقدم الأحافير؟... وأخيراً ما هو عمر الأرض؟.



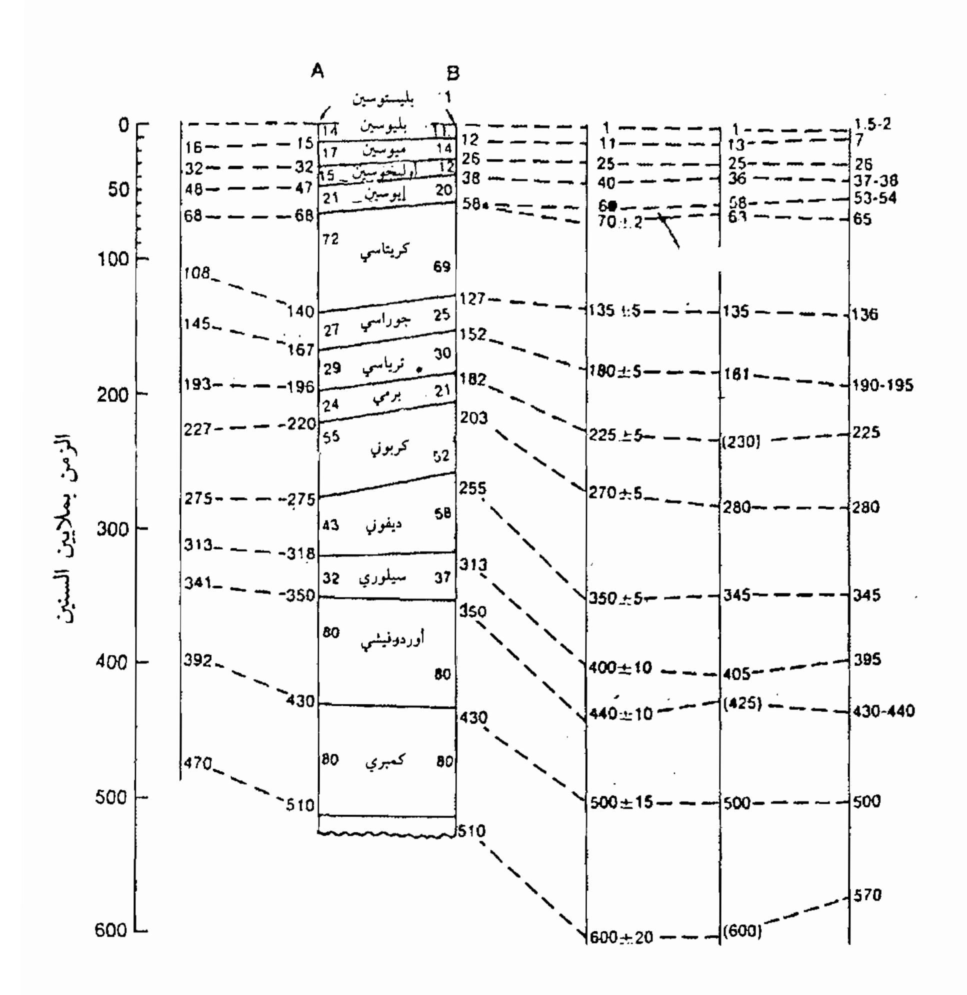
الشكل (4 ـ 5)

مقياس الزمن الجيولوجي المقترح من هولمس (Holmes) في عام 1947. المنحنيات مبنية على الأعمار الأكثر احتمالاً لمعادن مشعة (Radioactive) وعلى أعلى سمك للأنظمة (Systems) في العالم. المنحنيان (A) و (B) يمثلان التعيين المتعاقب الموضح في الشكل (4 ـ 4).

المصدر (Kummel, 1970

الجدول (4 ـ 3)
أعمار العصور الجيولوجية

(المصدر Kummel, 1970)



وقد تم تقدير عمر الأرض بـ 4,5 بليون سنة ـ وهذا التقدير اعتمد أيضاً على الدراسات الفضائية (الأرض وعلاقتها بالمجموعة الشمسية).

وعمر أقدم الصخور هو + 3,6 بليون سنة. وعمر أقدم صورة من صور الحياة هي لأحياء دقيقة تشبه البكتريا شخصت من طبقات الجرت السوداء في افريقيا الجنوبية وهو + 3,1 بليون سنة... (لاحظ الجدول (4 ـ 4)).

الجدول (4 ـ 4)

الوحدات الطباقية الزمنية والزمنية الجيولوجية الرئيسية وفترة بداية كل وحدة ومدتها مقيسة باستخدام النظائر المشعة.

الأراثيم والدهور	الأنظمة والعصور	طول الوحدة بملايين السنين	زمن بداية الوحدة بملايين السنين
	الكواترنري	2	2
السينوزوي	الترشري	65	67
	الكريتاسي	70	137
الميسوزوي	الجوراسي	58	195
	الترياسي	35	230
الباليوزوي	البرمي	55	285
	الكاربوني	65	350
	الديفوني	55	405
	السيلوري	35	440
	الأرودوفيشي	60	500
	الكامبري	70	570
اركيوزوي ما قبل الكامبري		3000	3600

وكما يشير الكاتب باسكوم (W. Bascom) فإن حياة الإنسان بكاملها هي صفحة واحدة من تاريخ الأرض الذي يمثل 50,000 صفحة. ومن هذه الصفحة يمثل التاريخ المدون السطر الأخير...

لذا فإن ما يعرفه علماء التاريخ والمهتمون بتاريخ العلوم وغيرهم لا يمثل إلا جزءاً أو كلمات من السطر الأخير من كتاب تاريخ الأرض العظيم الذي ما زلنا لا نعلم عنه إلا النزر اليسير. وعلى الرغم من أهمية طريقة استخدام النظائر المشعة فإن هناك بعض السلبيات التي تحيط بهذه الطريقة وهي:

(أ) الصعوبة التقنية في دراستها.

(ب) احتمالات الخطأ أثناء العمل واردة جداً.

(جـ) عدم احتواء جميع الصخور على مواد مشعة.

(د) أنها تعطي عمر بلورات المعادن (المشعة) الموجودة في الصخور ولا يعرف دائماً العلاقة بين المعادن والصخور التي تحويها، فقد لا تكونان بنفس العمر.

(هـ) في حالات عدة فإن العمر الذي نحصل عليه هو عمر الصخرة المتحولة أو العمليات التي أعقبت تكون الصخرة وليس عمر تكون الصخرة نفسها.

4 ـ الانعكاس المغناطيسي (مغناطيسية الأرض) (Geomagnetic reversals)

خلال السنوات العديدة الماضية تم انجاز مقياس للزمن باستخدام نظائر البوتاسيوم ـ أرجون والانقلاب القطبي (Polarity reversals) لمجال الأرض المغناطيسي (تشخص آثاره بصورة كبيرة في الصخور النارية وأيضاً في الصخور الرسوبية). إن هذا المقياس قد توسع وتحسنت طريقته وأصبح يعطي تفصيلات دقيقة إلى سنوات تعود إلى 4 ـ 5 ملايين سنة (البلايستوسين والبلايوسين).

واستخدمت مجموعة من الأسماء بنسق بحيث نشخص تعاقب الفترات الطبيعية (Normal) والمعكوسة (Reversed) في الصخور. هذا النظام يطبق بمستويين في مجال الزمن. فالانقلابات (الانعكاسات) الرئيسية تسمى (Polarity «epochs») وهناك أربعة منها معروفة تعود إلى فترة 4 ملايين سنة الأخيرة. هذه الأسماء ابتداء من الوقت الجديد وإلى الأقدم كما يلي شكل (4 ـ 6):

1 ـ الحين الطبيعي برونس (Brunhes normal epoch).

من صفر ـ 700,000 سنة قبل الوقت الحاضر.

2 ـ الحين المعكوس ماتوياما (Matuyama reveresed epoch)

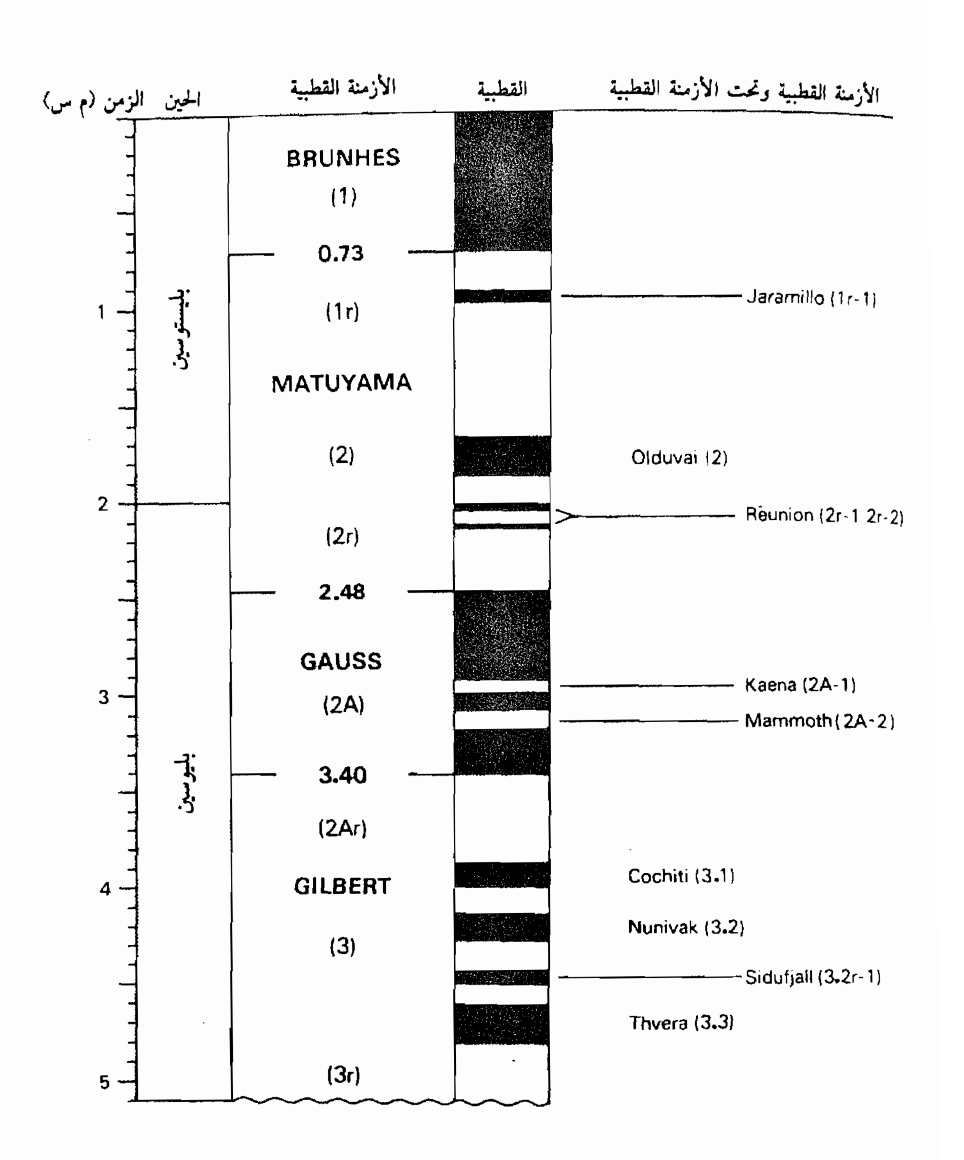
من 700,000 ـ 2,400,000 سنة قبل الحاضر.

3 ـ الحين الطبيعي كاوس (Gauss normal epoch)

من 2,400,000 ـ 3,300,000 سنة قبل الحاضر.

4 ـ الحين المعكوس كلبرت (Gilbert reversed epoch)

من 3,300,000 ـ 4,000,000 سنة قبل الحاضر.



شكل (4 ـ 6)

مقياس الزمن القطبي باستخدام النظائر المشعة

(المصدر Harland et al., 1982)

وبمستوى أدنى من هذه الأحايين القطبية polarity «epochs» هناك أحداث قطبية (Polarity «events») التي هي فترات أقصر لقطبية طبيعية أو معكوسة ومدة كل منها تصل إلى 150,000 سنة أو أقل، وهي تتداخل مع الأحايين التي سبق ذكرها. ومن أمثلتها أحداث جاراميلو (Jaramillo)، كلسا (Gilsa)، أولدوفي (Olduvai)، كينا (Kaena)، ماموث (Mammoth)، كوجيتي (Cochiti) ونونيفاك (Nunivak)، وقد سطرت بشكل متسلسل حسب زيادة في القدم. وقد تم تتبع طريقة الانعكاس المغناطيسي في المناطق البحرية من حواجز وسط ـ المحيط (Mid- oceanic ridge) من وسط الحاجز وإلى الخارج منه، وبافتراض توسع تدريجي وثابت في انتشار القاع. وقد تم تتبعها إلى فترة زمنية ماضية وصلت إلى ما قبل 70 مليون سنة (أي حتى الكريتاسي). وقد شخص 171 انعكاساً خلال فترة الـ 76 مليون سنة الماضية. وعلى الرغم من ذلك فإن تثبيت التاريخ بعد البلايوسين بواسطة مغناطيسية الأرض (Geomagnetic) تعد غير كفوءة.

إن طريقة الانعكاس المغناطيسي في الدراسات الطباقية الزمنية تعد مهمة بشكل خاص لأنها تعطي احتمالاً بأن تصبح الأساس لتقسيم أكثر تفصيلاً للتقسيم الطباقي الزمني لطبقات الترشري (Tertiary) المتأخر والكواترنري (Quaternary) أكثر من دقة الدراسة التي يقدمها التطور العضوي.

وأكثر من هذا فإن هناك افتراضاً كما أشرنا بوجود علاقة بين أوقات الانعكاس المغناطيسي وأوقات التغيرات العضوية السريعة. وقد ساد الاعتقاد بأن قوة المجال المغناطيسي خلال فترة الانعكاس تتقلص بحيث إن الأرض قد تضعف فيها الحماية المغناطيسية (الدرع المغناطيسي) التي تقيها من الأشعة الكونية (Cosmic radiation). وبذلك فقد كان هناك معدلات عالية وبشكل استثنائي للطفرات البيولوجية (Biologic mutation) وفكرة أخرى تقول بأن هذه العلاقة بين الانعكاس المغناطيسي والتغير البايولوجي السريعة سببه تغيرات المناخ التي تتطابق مع الانعكاسات المغناطيسية.

5 ـ التغيرات المناخية القديمة (Paleoclimatic changes)

ثمة اعتقاد بأن التغيرات في المناخ على عموم سطح الأرض قد تركت

تأثيرها في الصخور التي تعتمد عليها التقسيمات الطباقية الزمنية.

وهناك أدلة تشير إلى أنه حدوث تغيرات قوية ومؤثرة في درجة الحرارة والمناخ خلال تاريخ الأرض وأن بعضها ربما كان لأسباب خارجة عن نطاق الأرض ولذا فقد تكون قد أثرت على الأرض برمتها. إن ظواهر من هذا النوع قد تركت آثارها على السجل الجيولوجي بشكل الترسبات الجليدية، المتبخرات، الطبقات الحمراء، ترسبات فحم المستنقعات، التغيرات الأحفورية... الخ. ولكن يعتقد بأن تلك الترسبات لم تعمّ العالم كله بسبب التغيرات الاعتيادية الناتجة عن الاختلاف في المواقع الجغرافية حسب خطوط العرض والارتفاع عن سطح البحر، والدورات البحرية، وعوامل موضعية أخرى ذات تأثير على المناخ.

ويظهر أن هناك أدلة ثابتة في أن درجات الحرارة القديمة التي تؤرخ بواسطة النظائر المشعة قد تأثرت بذبذبات متكررة في نهاية البلايستوسين (العصر الجليدي).

6 ـ الجغرافية القديمة والتغير العام في مستوى البحر

إن تعاقب تقدمِ البحر وتراجعه قد قدم قاعدة لتقسيم تعاقب الطبقات موضعياً بين المناطق، ومعظم الوحدات الطباقية الزمنية لأوروبا الغربية استحدثت على هذا الأساس. وكنتيجة للحركات القارية (Epeirogenic) يظهر بأن بعض الفترات قد امتازت في جميع أنحاء العالم بارتفاع عام أو انخفاض للقارات بالنسبة لمستوى سطح البحر.

ورغم ذلك فإن حدوث حركات وارتفاعات موضعية في قشرة الأرض. كانت بشكل كبير ومتغير جداً بحيث عقدت السجلات الأساسية في قشرة الأرض إضافة لذلك فإن التمييز بين رسوبيات تقدم البحر ورسوبيات تراجع البحر قد لا تكون في بعض الأحيان واضحة. ومع ذلك فإن إعادة بناء أو تصور الجغرافية القديمة من عدة أدلة مثبتة في كل الصخور قد أعطى واحدة من أهم الوسائل لتشخيص الاتجاهات الرئيسية في تاريخ الأرض وذات قيمة في التقسيمات الطباقية الزمنية.



الفصل الخامس

الأساليب الطبقية

الدراسات الطباقية

سنتطرق في هذا الفصل إلى العمليات التي يتم بواسطتها جمع المعلومات للدراسات الطباقية. . إن عملية جمع ودراسة النماذج تقع في نطاق مادة العمل الحقلي، وهي مادة دراسية يتعرض لفصولها الطالب في موضوع الجيومورفولوجيا والجيولوجيا الحقلية المقررة حالياً لطلبة الصف الثاني في الجيولوجيا، بالإضافة إلى مادة العمل الحقلي المقررة لطلبة الصف الثالث في الجيولوجيا التي يقضي فيها الطالب جزءاً من الصف الذي يلي الصف الثالث في الحقل. . . لذا فاننا سنتعرض بشكل عام لهذا الموضوع مع إعطاء الجانب المتعلق بالدراسات الطباقية اهتماماً أكثر.

التهيؤ للعمل الحقلي:

قبل الخروج إلى الحقل لدراسة منطقة ما يتوجب على الجيولوجي الأخذ بالملاحظات التالية: ـ

جمع أكبر قدر ممكن من المعلومات المنشورة عن المنطقة التي في النية إجراء دراستها لكي تتولد لديه فكرة أولية عن تلك المنطقة.

أخذ خريطة جيولوجية للمنطقة إن وجدت أو خريطة طوبغرافية. وفي حالة

عدم وجود أي خريطة من النوعين المذكورين فبالإمكان الحصول على خريطة تمثل المواقع الجغرافية في المنطقة لكي تكون الدليل الأولي في العمل.

بوصلة جيولوجية (Compass)... مطرقة جيولوجية (Hammer)...

دفتر ملاحظات، وأقلام رصاص وقلم خاص يسمى محلياً «Magic» وذلك لاستخدامه في ترقيم النماذج الصلدة.

أكياس لوضع النماذج فيها ويفضل أن يؤخذ نوعان من الأكياس، أكياس نايلون لوضع نماذج المواد الفتاتية والهشة وأكياس من قماش لوضع النماذج الصلدة (كالحجر الجيري).

حامض هايدروكلوريك مخفف لفحص المواد الجيرية... وسكين صغيرة لمعرفة صلادة المعادن (صلادة السكين 5,5)، وعدسة صغيرة (Hand Lense) ومقياس، البعض يحمل معه بطاقات صغيرة مطبوع عليها رقم النموذج وتاريخ العمل الحقلي وغيرها من المعلومات وتملأ من قبل الجيولوجي في الحقل... حقيبة حقلية لوضع احتياجات العمل الحقلي والنماذج فيها... ويصحب العديد من الجيولوجيين معهم إلى الحقل كاميرات تصوير ويفضل البعض استخدام الأفلام الملونة لانها توضح التغير في لون الصخور.

ومن المفضل أن يكون الخروج إلى الحقل برفقة زميل للمساعدة في قياس المقاطع أو للمساعدة حين التعرّض لأي طارىء.

وصف وقياس المقاطع:

إن الوصف الدقيق للوحدات الطباقية الصخرية وقياسها يمثل قاعدة للدراسة لكل عمل جيولوجي وتبدأ عملية الدراسة من الأسفل إلى الأعلى بوصف دقيق للوحدات الطباقية الصخرية، التراكيب الداخلية والتغيرات الحاصلة فيها، موقع الأحافير إن كانت ظاهرة للعيان والعلاقات الطباقية.

إن قياس المقاطع لا يمكن تلخيصه بشكل كامل فكل مقطع قد تكون له خصوصياته. وهناك عدة مراجع في العمل الحقلي يمكن للطالب الرجوع إليها في حالة الرغبة في الاطلاع على تفصيلات أكثر ومنها كتاب «الجيولوجيا الحقلية»

(Field Geology) المؤلفة لاهي (Lahee, 1961). وإذ كانت منطقة الدراسة واسعة والمطلوب إجراء مضاهاة للوحدات الطباقية فمن المفضل أن يكون الجيولوجي لنفسه معلومات عامة عن المنطقة بدراسة شاملة لعدة مقاطع بدلاً من قضاء الوقت في دراسة مقطع واحد. والأفضل أن يقيس 10 أو 20 مقطعاً بصورة عامة بدلاً من قضاء فترة الحقل بدراسة مقطع أو مقطعين بصورة تفصيلية.

إذا كان هناك خيار للجيولوجي في دراسة مقطع واحد فإن الأفضل أن يبحث عن مقطع ذي مكشف صخري جيد.

ولقياس المسافات بين المقاطع المتباعدة، فبإمكان الجيولوجي أن يحسب المسافات بدقة بين خطواته ويصبح عدد الخطوات وسيلة سريعة وعملية لتحديد المسافات بين بعض المقاطع التي يتطلب استعمال المقياس فيها جهداً كبيراً.

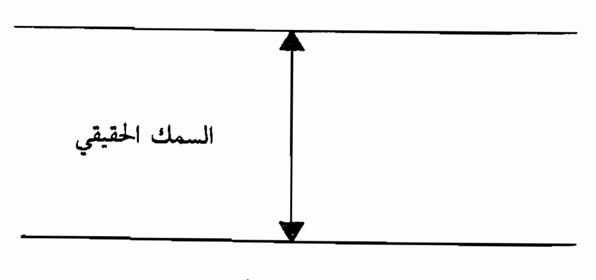
ويرسم تخطيط أولي للمنطقة في دفتر الملاحظات مع مقطع بسيط ليحدد المواقع والأبعاد ومواقع النماذج.

قياس سمك الطبقات الصخرية:

1 ـ الطبقات الأفقية:

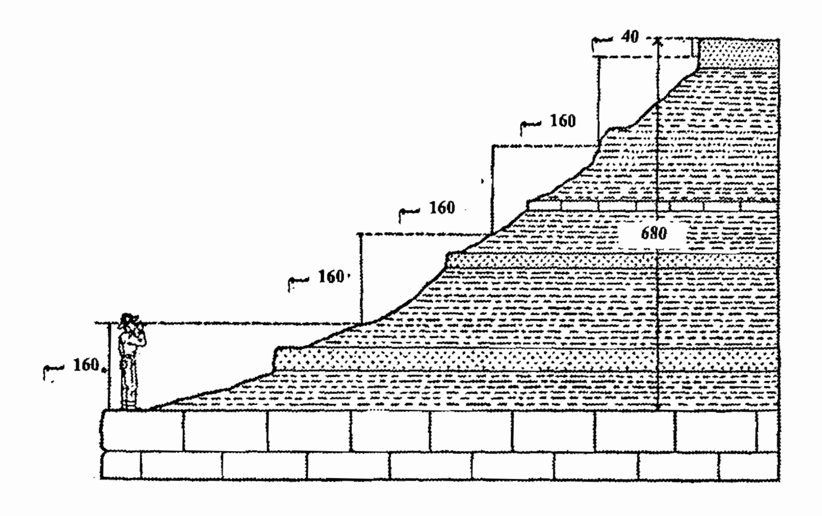
(أ) طبقة واحدة.. في حالة وجود طبقة أفقية واحدة قيد الدراسة ومكشفها الجانبي واضح.. فإن البعد العمودي بين سطحي الطبقة يمثل السمك الحقيقي لتلك الطبقة الشكل (5 ـ 1).

السمك الحقيقي



شكل (5 ـ 1)
قياس السمك الحقيقي لطبقة أفقية واحدة

(ب) طبقات متعددة. . في حالة وجود عدة طبقات أفقية متعاقبة فإن بإمكان الجيولوجي أن يحسب سمك الطبقات وذلك بالتصويب بنظرة أفقيا باستخدام البوصلة أو عدسة خاصة. فالنقطة التي اعتبرها مركز التصويب تمثل ارتفاعه الشخصي (وهي 160 سم في الشكل 5 ـ 2). ثم ينتقل إلى تلك النقطة التي صوب نحوها وتصبح هي نقطة للتصويب على نقطة أعلى وهكذا. . ويجمع الارتفاعات يحصل على السمك الكلي للطبقات وهو 680 سم في الشكل المذكور).



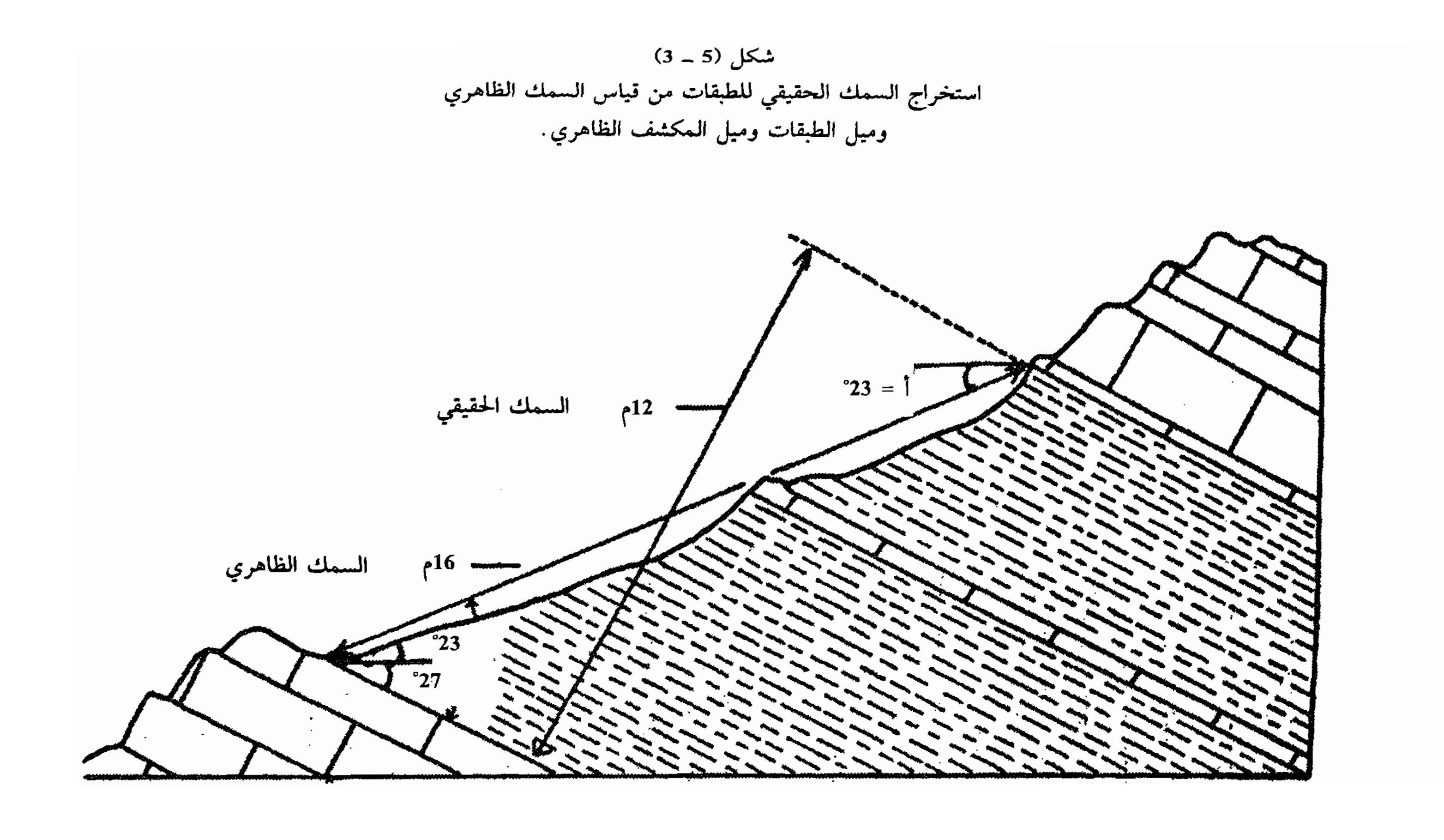
شكل (5 ـ 2)
طريقة قياس سمك الطبقات الأفقية

2 ـ الطبقات المائلة:

قد تكون الطبقات مائلة والمكشف الصخري للطبقة ليس عمودياً على السطحين لاحظ الشكل (5 ـ 3) فيكون استخراج السمك الحقيقي للطبقة باتباع الخطوات التالية:

1 ـ يقاس السمك الظاهري (وهو يمثل في هذه الحالة المكشف الصخري) للطبقة ويكون طول المكشف هو السمك الظاهري. [16م في الشكل 5 - 3].

شكل (5 ـ 3)
استخراج السمك الحقيقي للطبقات من قياس السمك الظاهري
وميل الطبقات وميل المكشف الظاهري.



2 ـ تقاس زاوية المكشف الصخري (23° في الشكل المذكور).

3 ـ تقاس زاوية ميل (Dip) الطبقة الصخرية (27° في الشكل المذكور).

4 ـ تحل المعادلة التالية لاستخراج السمك الحقيقي.

السمك الحقيقي: مسافة الانحدار (وهي نفسها المكشف الصخري أو السمك الظاهري) ف جيب زاوية (انحدار المكشف + زاوية ميل الطبقة «Dip»)
أي 16 × 50° (23° + 27°).

جمع النماذج:

من الضروري أن يحدد الجيولوجي بدقة نقطة البداية في جمع النماذج بحيث يتمكن حين عودته للمرة الثانية إلى الحقل من تحديد نقطة البداية في عمله الحقلي الأولي.

يتم جمع النماذج من سطوح غير معرضة للتعرية وذلك بحفر خندق صغير أو تكسير السطح الخارجي للطبقة المراد أخذ النماذج منها. وتؤخذ النماذج من السطح الجديد الذي يظهر بعد حفر الخندق أو تكسير الصخور.

توصف نوعية الصخور (رمل، طفل... الخ) ولونها...

وحين جمع النماذج يعطى كل نموذج رقماً ويدوّن ذلك في قصاصة ورق مع النموذج داخل كيس النايلون أو القماش ويثبت في دفتر الملاحظات أيضاً رقم النموذج ووصفه.

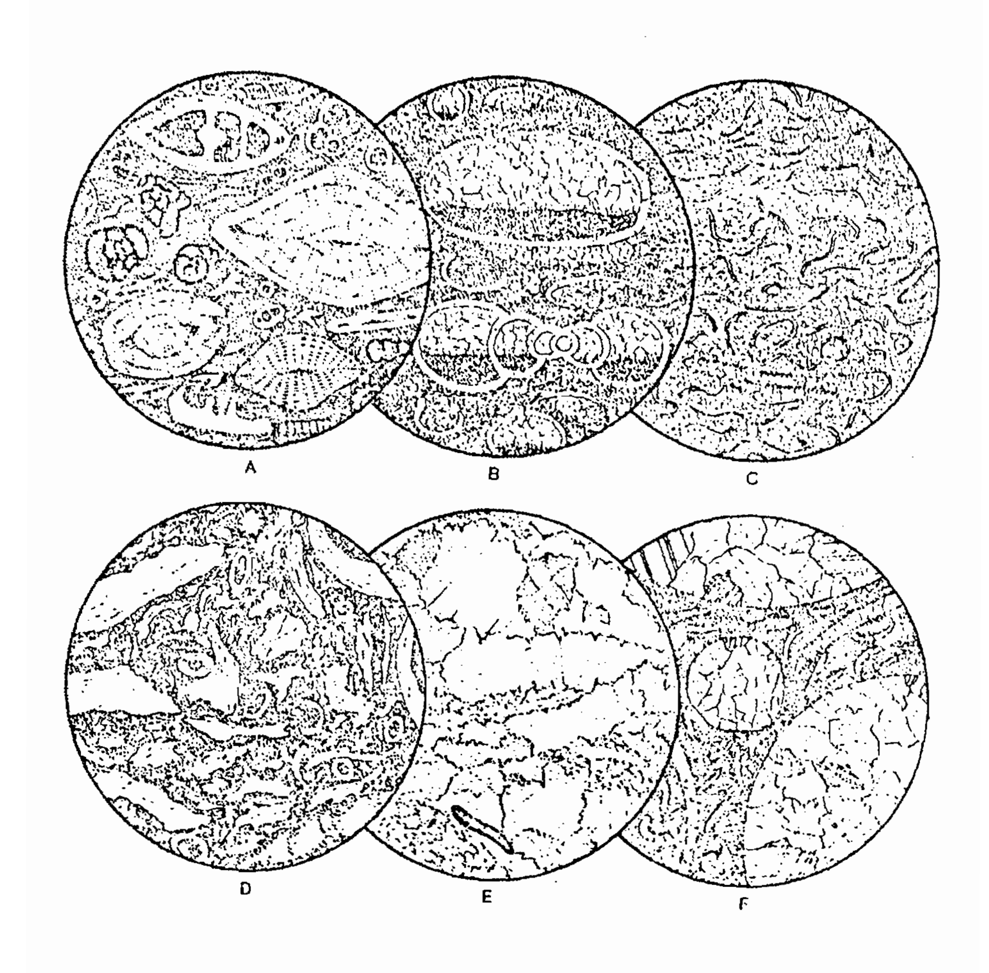
المتحجرات... يحدد وضع المتحجرات الكبيرة الواضحة للعيان في الحقل ويعين الجزء العلوي والسفلي منها... وتؤخذ نماذج من تلك المتحجرات الكبيرة للدراسة التفصيلية في المختبر.

الدراسات المختبرية:

بعد العودة من الحقل ترسم كافة المقاطع بمقاييس مناسبة... وتوصف النماذج الصخرية بصورة أدق حيث تعمل منها شرائح رقيقة إذا كانت صلبة أو

يوصف نسيجها وبقية الصفات المتعلقة بمكوناتها ومحتوياتها من المتحجرات.

تدرس المتحجرات الكبيرة في المختبر بعمل شرائح رقيقة منها وباتجاهات مختلفة وتدرس تحت المجهر. وتصنف المتحجرات بالطرق الاعتيادية المتبعة في التصنيف بإيجاد نوعها وجنسها... الخ، لاحظ الشكل (5 ـ 4) حيث يتوضح مقطع في شريحة رقيقة من الحجر الجيري.



شكل (5 ـ 4)

شريحة رقيقة من الحجر الجيري تظهر فيها بعض المتحجرات

المتحجرات الدقيقة... تدرس هذه المتحجرات حسب نوعية الصخور التي تتواجد فيها فإذا كانت المتحجرات الدقيقة موجودة في نماذج صلدة كالحجر الجيري فإن المقاطع الرقيقة ستظهرها... وإذا كانت النماذج من الصخر الهش كالطفل فإن النموذج يوضع في الماء لمدة يوم ثم يمرر بعد ذلك خلال مجموعة المناخل التي تنظم بأحجام مختلفة، حيث توضع المناخل ذات الفتحات الكبيرة في الأعلى وتتدرج المناخل في حجم فتحاتها حتى نصل إلى الدقيقة منها في الأسفل. ويغسل النموذج وهو داخل المناخل بالماء، يجفف النموذج الموجود على كل منخل ثم تستخرج المتحجرات الدقيقة منه تحت المجهر... وتبدأ عملية تصنيفها حسب (الفصيلة... الجنس... النوع) باستخدام النشريات المتوفرة عن تلك المتحجرات.

تنظم جداول توزيع المتحجرات المصنفة حسب النماذج التي استخرجت منها لاحظ الشكل (5 ـ 5).

المضاهاة الطباقية الحياتية

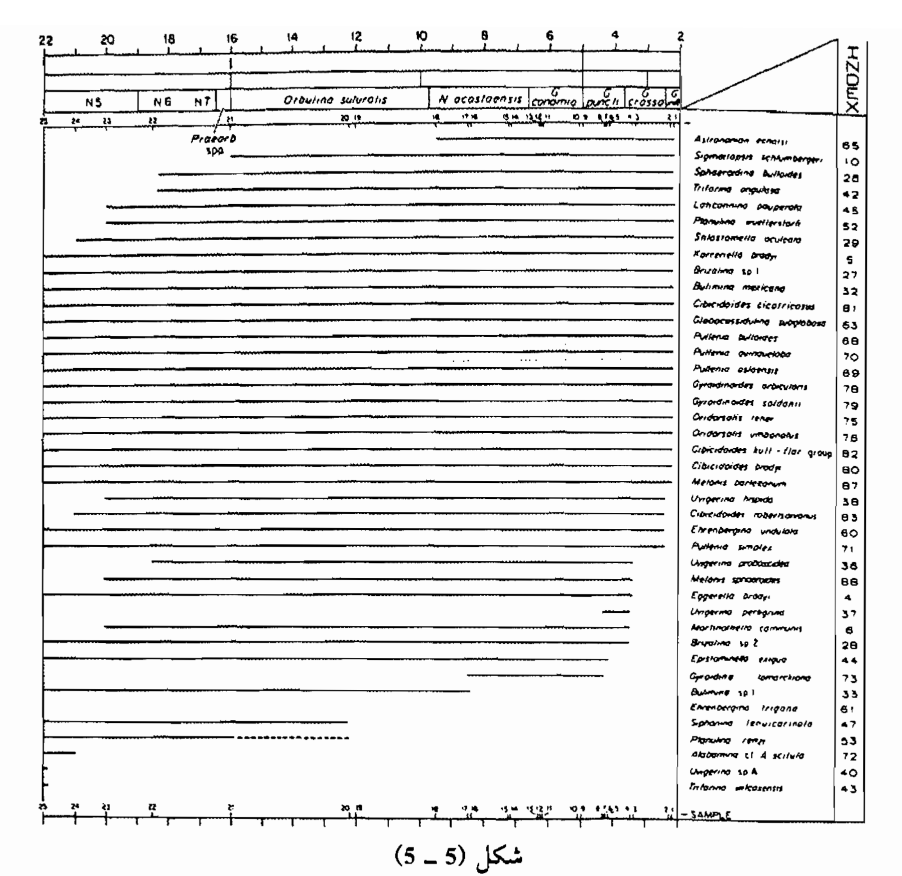
تطرقنا إلى هذا الموضوع في الفصل الثالث، والرجوع إلى الشرح والأشكال التي توضح امتدادات المتحجرات توضح كيفية إنجاز المضاهاة الطباقية الحياتية.

الدراسة الجيوكيميائية:

(أ) المعادن الثقيلة:

سوف نتطرق إليها بالتفصيل حين نتكلم عن الوحدات المماثلة للوحدات الطباقية (Parastratigraphic Units).

وهي دراسة المعادن الثقيلة الموجودة في الحجر الرملي وهذه المعادن مفيدة في إجراء المضاهاة ومعرفة مصدر الصخور وأحواض الترسيب.



شكل (5 ـ 5)

طريقة توزيع المتحجرات المصنفة حسب النماذج (Sample) المأخوذة منها.

(ب) البقايا غير الذائبة:

وهي دراسة تنحصر في الصخور الجيرية حيث تحدد البقايا غير الذائبة فيها بعد معاملة النموذج الصخري بحامض في المختبر.

(جـ) تحليلات غير مباشرة:

وهي استخدام تقنية حديثة غير مباشرة لمعرفة المكونات الصخرية التي لم تظهر في الدراسات السابقة. . . ومن هذه الدراسات التقنية «التحليل الكيميائي الطيفي الكمي» (Quantitative Spectroscopic Chemical Analysis) للحجر الجيري والدولومايت والطفل.

التحليل الحراري التفاضلي (Differential Thermal Analysis) والأشعة السينية المنكسرة (X-Ray Diffraction):

تفيد الطريقتان في دراسة الطفَل (Shale) وتحليل المعادن الطينية (Clay Minerals) المكونة له. فالمعادن الطينية متعددة وهي مجموعة الكاؤلينايت (Kaolinite)، مجموعة المونتموريلونايت (Montmorillonite) مجموعة الإلايت (Illite)، مجموعة الكلورايت (Chlorite).

تقرير المعلومات

تدون المعلومات التي يحصل عليها الجيولوجي بصورة نهائية بتقرير يحوي على كافة المعلومات المتعلقة بالحقل والمختبر... ويرفق عادة مع التقرير مقطع أو عدة مقاطع حسب هدف الدراسة وسوف نذكر بعض طرق رسم المقاطع.

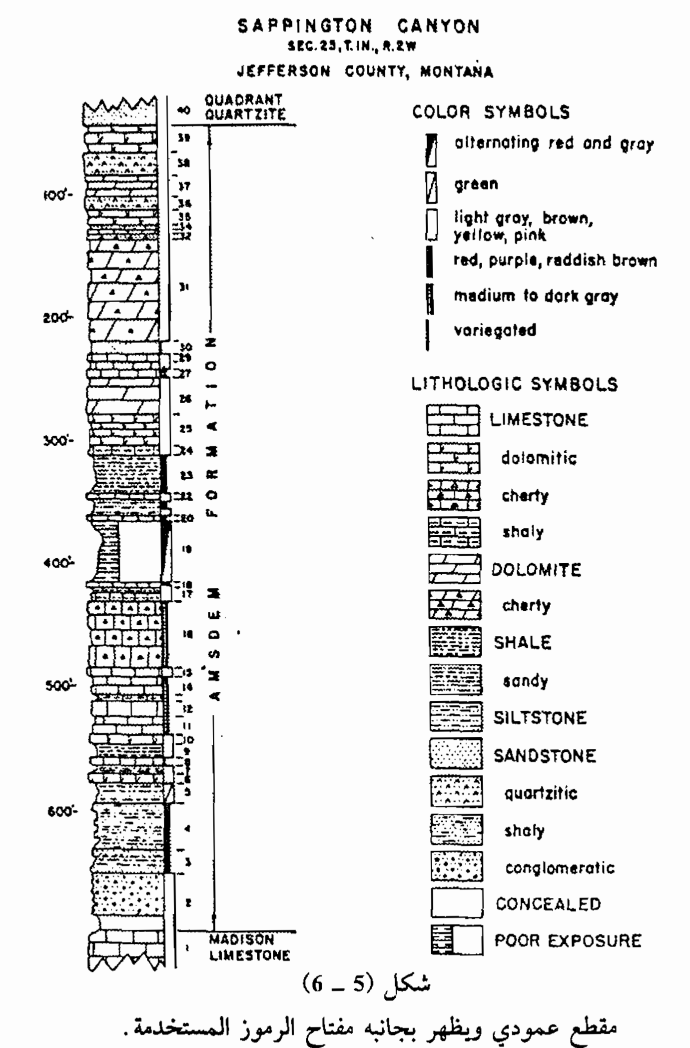
المقاطع العمودية

إن المقاطع العمودية هي أكثر الطرق فائدة واستخداماً في عرض المعلومات الطباقية لمقاطع مقيسة... وهي تظهر تعاقب الصخور وعلاقاتها وسمكها وتبرز صفاتها الصخرية باستخدام الرموز المتداولة. ويدون الجيولوجي المقياس العمودي للمقطع بالإضافة إلى مفتاح الرموز المستخدمة (Legend) لاحظ الشكل (5 ـ 6) الذي يمثل مقطعاً طباقياً عمودياً.

إن الرموز التي يختارها الجيولوجي للتعبير عن الصفات الصخرية هي مسألة شخصية، إلا أن الجيولوجيين في مختلف مناطق العالم قد اعتادوا على استعمال رموز خاصة للدلالة على صفات صخرية معينة. ونحن نفضل الاستمرار في استخدامها وعدم تبديلها ومثالها رموز الحجر الجيري ـ الحجر الرملي ـ الطفل ـ المارل.

كما استخدم بعض الجيولوجيين رموزاً خاصة للألوان في حالة عدم تلوين الطبقات الصخرية للدلالة عليها، والشكل (5 ـ 6) يمثل تلك الحالة، حيث نلاحظ بأن الجيولوجي قد وضع إلى اليمين من مقطعه الطباقي رموزاً تمثل ألوان

الطبقات. وإذا كانت هناك دراسات لبقايا غير ذائبة مثلاً فبالإمكان وضعها بعمود صغير إلى جانب المقطع العمودي الرئيسي.



شكل (5 ـ 6)

مقطع عمودي ويظهر بجانبه مفتاح الرموز المستخدمة.

(المصدر **Krumbein & Sloss, 1963**).

بالنسبة لرموز الصفات الصخرية Lithologic Symbol المستخدمة في الشكل المذكور، فعلى الطالب أن ينتبه بأن عبارة LIMESTONE (حجر جيري) بخط أسود غامق وبعدها عبارة Dolomitic (دولوميتي) المقصود بها حجر جيري دولوميتي ثم عبارة حجر جيري صواني (CHERTY) وكذلك في حالة الدولوميت DOLOMITE فقد دون تحتها مباشرة عبارة صواني، ويقصد بها دولوميت صواني وهكذا بالنسبة لبقية الرموز.

رسم المقاطع الطباقية العرضية

إن الفرق بين المقاطع الطباقية والجيولوجية هو أن الأولى لا تظهر طوبوغرافية (تضاريس) المنطقة والعلاقات التركيبية (كالمضرب وزاوية الميل)... كما إن المقياس العمودي المستخدم يكون مكبراً عادة ليظهر التفاصيل العمودية بصورة أكثر.

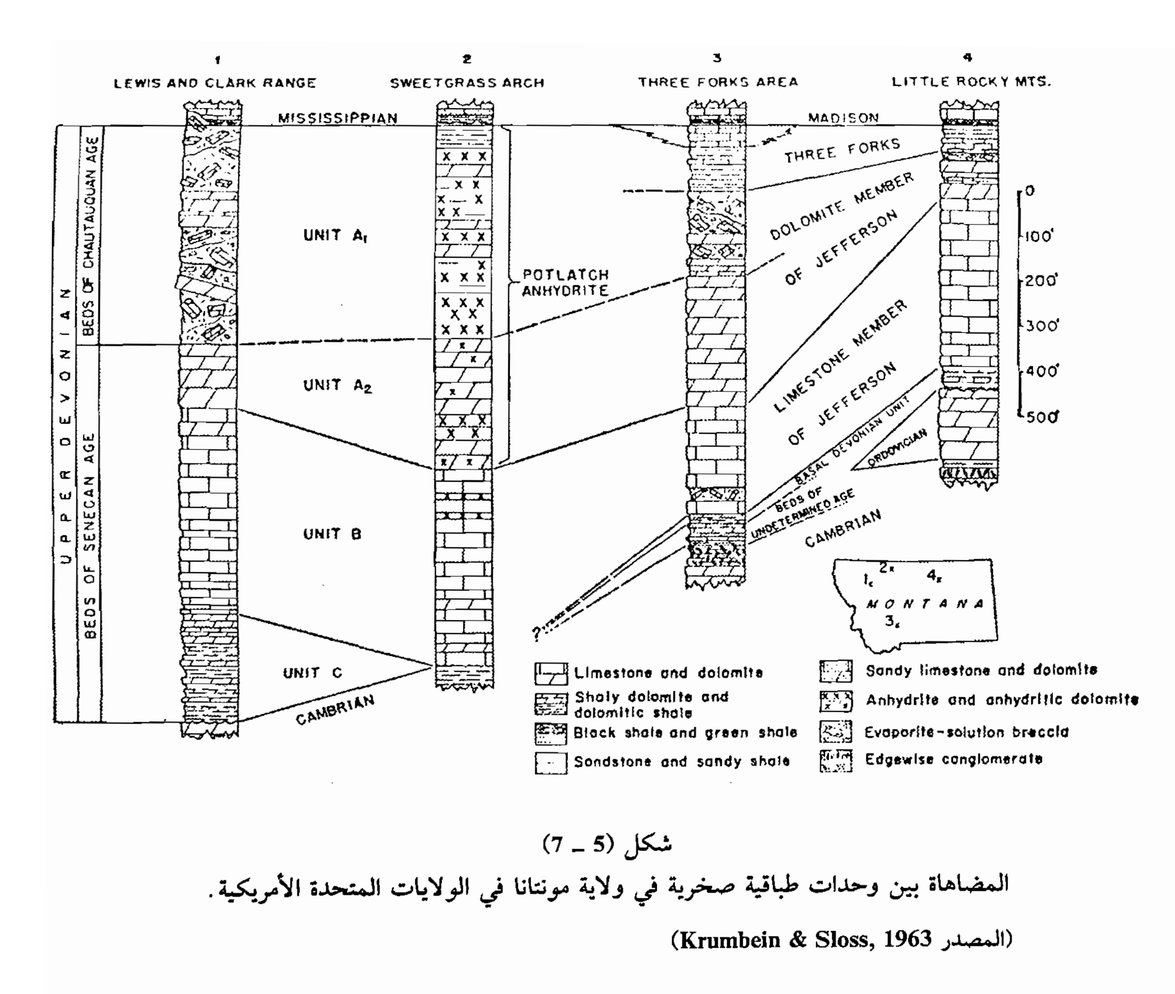
ترسم المقاطع عمودياً وتجاور إحداها الأخرى حسب مواقعها الجغرافية، وترسم أيضاً حسب مقياس أفقي يختلف عن العمودي.

لاحظ الشكل (5 ـ 7) فإنه خالٍ من المقياس الأفقي إلا أن مواقع المقاطع قد حددت في ولاية مونتانا الأمريكية، ونود أن ننبه الطلبة إلى طريقة التعبير عن مضاهاة وحدات طباقية صخرية غير مؤكدة حيث استخدم الجيولوجي الخطوط المقطعة (ـ ـ ـ) وعلامة الاستفهام في أسفل الشكل والوحدات الطباقية المستخدمة A_1, A_2, B, C هي وحدات غير رسمية. كما نشير إلى الشكل (5 ـ 8) حيث تم إجراء مضاهاة لوحدات طباقية صخرية في آبار في البصرة والكويت. وقد استخدم مقياسان للرسم أحدهما عمودي والآخر أفقي.

وحينما تكون العلاقات التركيبية مهمة فإن رسم هذه المقاطع يتم باختيار حد لإحدى الوحدات الطباقية الصخرية كمستوى مرجعي (Datum Plane). وعند إكمال رسم المقاطع نلاحظ أنها تكون بارتفاعات متباينة، وذلك يظهر الوضع التركيبي لها ومواقع أحواض الترسيب القديمة. يتعلم الطالب رسم مقاطع كهذه خلال دروسه العملية لمادة الطبقية.

مخطط السياج (Fence diagram)

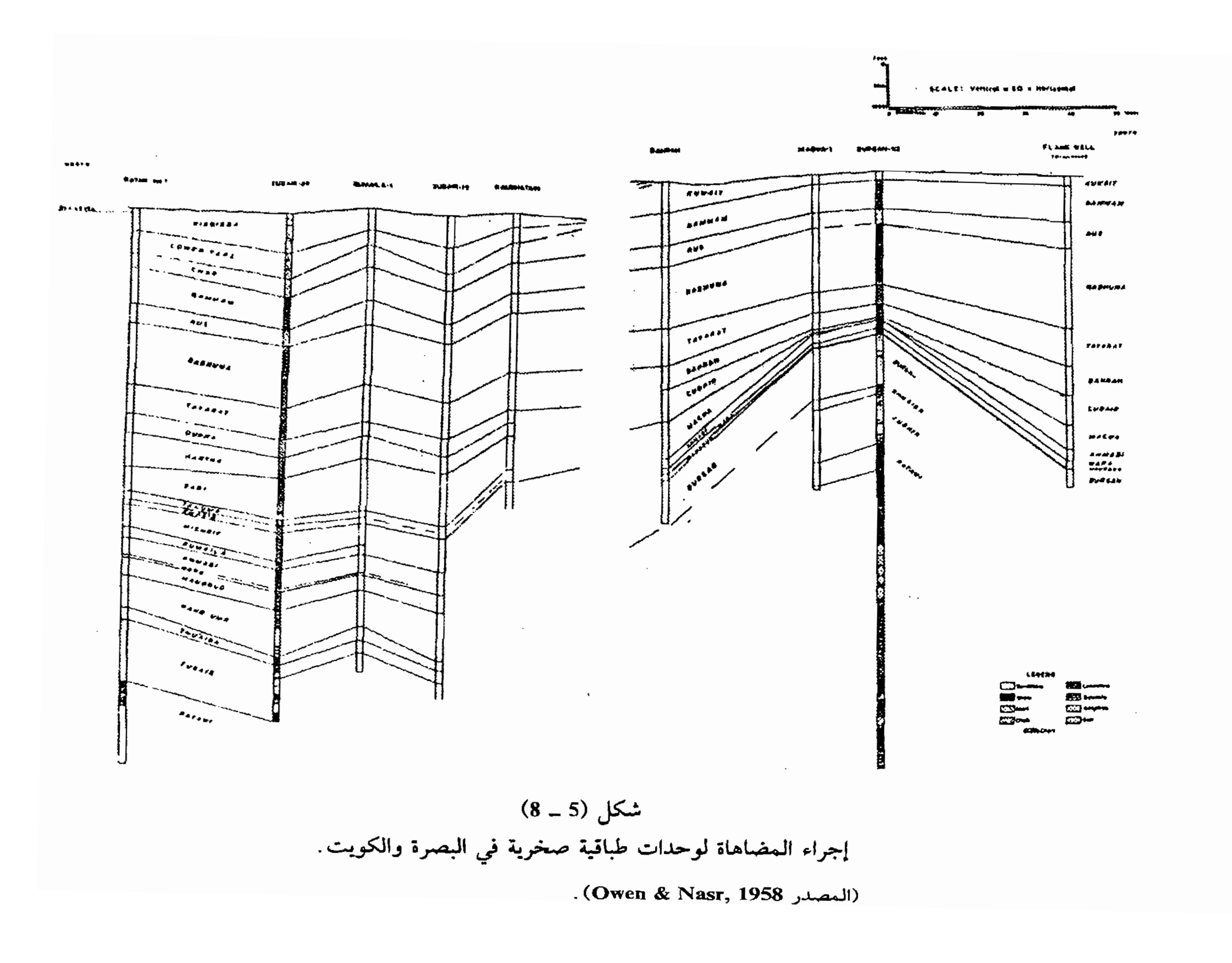
إن اتجاهين أو أكثر لمقاطع عمودية يمكن أن ترسم وذلك بتنظيمها حسب مقاطع عمودية مختلفة، لاحظ الشكل (5 ـ 9)، وترسم بينها خطوط المضاهاة. كما أن المسافات بين مواقع المقاطع العمودية تملأ بالصخور التي تمثلها بدلاً من تركها خطوطاً لوحدها كما في الشكل السابق (5 ـ 6) و (5 ـ 7). وحين إكمال الرسم يظهر لنا شكل يشبه السياج الخارجي الذي يحيط بأرض منبسطة، لذا فقد



شكل (5 ـ 7)

المضاهاة بين وحدات طباقية صخرية في ولاية مونتانا في الولايات المتحدة الأمريكية.

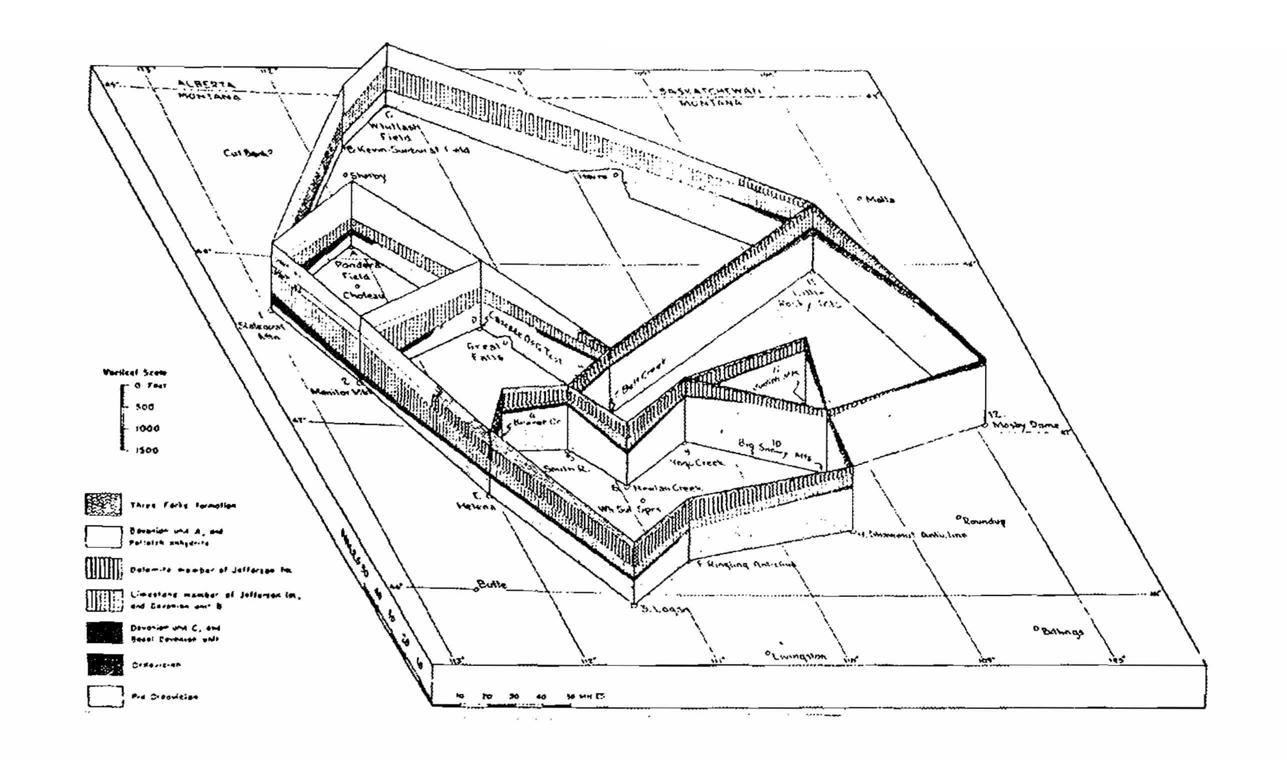
(المصدر Krumbein & Sloss, 1963)



شكل (5 ـ 8)

إجراء المضاهاة لوحدات طباقية صخرية في البصرة والكويت.

(المصدر Owen & Nasr, 1958).



شكل (5 ـ 9)

مخطط سياج لنفس الطبقات في المواقع المرسومة في الشكل (5 ـ 7)

(المصدر Krumbein & Sloss, 1963).

أطلق على هذه الأنماط من الخرائط الطباقية اسم مخطط سياج «Fence diagram». وهذه الخريطة تعطي فكرة عن المنطقة برمتها ولكنها تفتقر إلى التفصيلات الدقيقة. لاحظ في الشكل المذكور طريقة رسم مقياس الرسم الأفقي في أسفل الشكل والعمودي إلى الجانب. وهناك أنواع أخرى من الخرائط الطباقية يقوم الطلبة بإنجازها خلال المادة العملية لمادة الطبقية وكذلك الترسيبية ومنها خرائط السحنة وخرائط السماكة المتماثلة.

المقطع الجيولوجي

توضح المقاطع الجيولوجية الطبقات وعلاقتها التركيبية والتضاريس. والمقطع الجيولوجي يوضح موقع وعلاقة الوحدات الطباقية في مناطق صلبة أو حوض ترسيبي، وإن المعلومات التي تدون على تلك المقاطع الجيولوجية لا تظهر فيها تفصيلات دقيقة للوحدات الطباقية الصخرية أو الصفات الصخرية.

دراسة تحت الأرض (Subsurface)

لقد تطورت الأساليب التقنية التي تعطي معلومات عما يقع تحت الأرض منها الدراسات الجوفيزيائية واستخدام الرادارات وغيرها من التقنيات الحديثة. ورغم ذلك فإنه لا غنى للجيولوجي عن القيام بالحفر ووضع يده على نماذج تمثل الأعماق المدروسة. وسنبدأ بطرق الحفر.

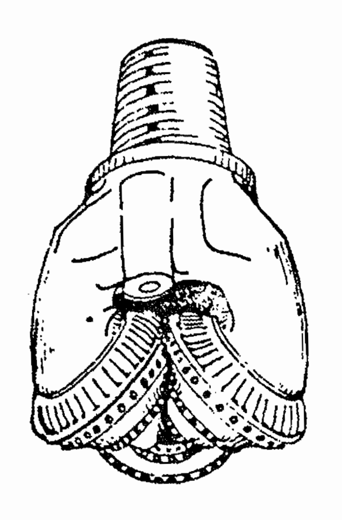
1 ـ الحفر المطرقي، الحفر بالدق (Cable tool):

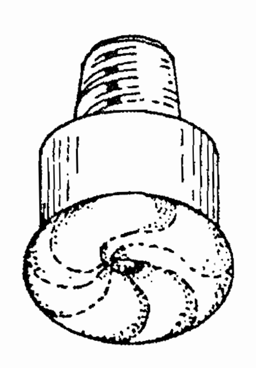
تتم عملية الحفر بهذه الطريقة باستعمال أداة حادة مثبتة في نهاية سلك ترفع تلك الأداة إلى الأعلى ثم تترك لتنزل بقوة الجاذبية وتتكرر هذه العملية حتى تتكسر الصخور وترفع الصخور المتكسرة بواسطة مجرفة خاصة.

2 ـ الحفر الرحوي، الحفر بالدوران (Rotary drilling):

يعتبر جهاز الحفر بهذه الطريقة متطوراً عن الطريقة الأولى، وتتكون أجهزة الحفر من أنبوب في نهايته قطعة دائرية الشكل مكونة من أسنان حديدية أو من

قطع من الماس الصناعي مثبتة على تلك القطعة الحديدية الشكل (5 ـ 10). ويرتبط الأنبوب بجهاز حفر يحمل على سيارة أو يبنى برج على رصيف التنقيب للحفر ويعتمد حجمه على العمق المراد الوصول إليه تحت السطح، لاحظ الشكل (5 ـ 11)، وتنجز عملية الحفر بدوران الأنبوب شاقولياً. ويضخ داخل البئر أثناء الحفر طين وماء ويستعاد الطين والماء مع القطع الصخرية إلى خارج السطح والنماذج التي تصل إلى السطح تكون على نوعين: ـ





شكل (5 ـ 10)

نوعان من أنواع لقم (Bits) الحفر. إلى اليمين (أ) لقم الماس (Diamond) وإلى اليسار (ب) النوع الذي يسمى ثلاثي المخاريط (Tricone).

(المصدر Hyne, 1984).

(أ) قطع صغيرة مكسورة تسمى «الفتات» (Cuttings) ونحصل عليها في حالة وجود طبقات صخرية هشة كالرمل أو الطين.

(ب) قطع صلبة بحجم اللقمة (Bit) تسمى لباباً (Cores) ونحصل على هذه اللباب في حالة استعمال لقم ذات قطع ماسية وكانت الطبقات التي يخترقها أنبوب الحفر من الصخور الصلبة كما يقوم الحفار والجيولوجي بتسجيل معلوماتهم عن الحفر في أوراق بيانية خاصة يطلق عليها سجلات البئر (Well Logs). ومن هذه

برج الحفر
شرفة
كتلة دورانية
أنبوب مطاطي
ينقل سائل الحفر أعلى المضخة
مضخة مائية لضخ السائل في الأنابيب
منصة الدوران
ماسورة كيلي الموصلة
أجهزة التشغيل والدوران ومصدر الطاقة الحركية
مستودع سائل الحفر
ضوابط منع انفجار الموانع داخل الأنابيب لأعلى
مضخة الضغط من المستودع
إلى الأنبوب المطاطي
أداة ربط أنبوب الحفر مع منصة الدوران
مناخل تهتز لتستقبل سائل الحفر
الراجع إلى أعلى مع الفتات الصخري
أنابيب الحفر
جدار الحفر
سائل الحفر الراجع
إلى أعلى البئر
اللقمة

شكل (5 ـ 11)

مخطط مبسط لبرج الحفر وأجهزة الحفر الرحوي.

(المصدر. عبد الله السياب ومحمد حسن (1979).

المعلومات تسجيل معلومات عن الوقت الذي تستغرقه في النزول كل قدم أو كل متر. ويقوم الجيولوجي بتسجيل المعلومات عن النماذج التي خرجت من البئر بتصنيفها حسب الأعماق وفحصها أولياً مع طين الحفر أو اللباب الذي يُدفع أيضاً إلى السطح.

بخروج النماذج إلى السطح يقوم الجيولوجي أو الحفار بوضع النماذج في صناديق ويثبت على كل نموذج العمق الذي جاءت منه، ثم تتم عملية دراسة النماذج في المختبرات حسب نوعية الدراسة المطلوبة.

كما نود الإشارة إلى أن قطع «الفتات» (Cuttings) التي تصل إلى السطح لا تمثل العمق الحقيقي الذي وصل إليه جهاز الحفر بل إنها تقع فوق الموقع الحقيقي له بعدة أقدام وذلك بسبب الفترة التي تستغرقها النماذج للوصول إلى السطح.

بعد جمع النماذج من الآبار المحفورة يتم فحصها حسب طبيعة النماذج.

(أ) فحص الفتات: تؤخذ نماذج الفتات عادة كل ثلاثة أمتار وتوضع في أكياس وترقم حسب الأعماق. ولفحص نماذج الفتات يجب غسلها أولاً من طين الحفر وفي حالة وجود صخور طينية ضمن طبقات الصخور فإنها تتبدد مع مجرى طين الحفر أثناء علمية الحفر ويبقى الطين الذي يغلف الحبيبات الفتاتية فقط، والفتات المغسول لا يحتوي على أي نسبة من الطين. تجرى الدراسات الطبقية الصخرية على الفتات المغسول أما دراسة المحتوى الحياتي فتجرى على الفتات غير المغسول. وقد يحتوي الفتات المأخوذ من عمق ما على مواد مخلوطة من أعماق أخرى نتيجة الانهيارات في جوانب البئر، ويحدث هذا عند المرور بطبقات صخور هشة غير متماسكة، ويمكن التعرف على المواد الناتجة من الانهيارات وفرزها اعتماداً على حجمها الكبير نسبياً أو احتوائها على متحجرات لا توجد في الأعماق التي يمثلها الفتات المدروس. ولأجل التعرف على التتابع الصخري بصورة دقيقة يجب الاستعانة بالمجسات الكهربائية بالإضافة إلى فحص الفتات.

(ب) فحص اللباب: تفحص نماذج اللباب في صناديق وبطول يتراوح بين

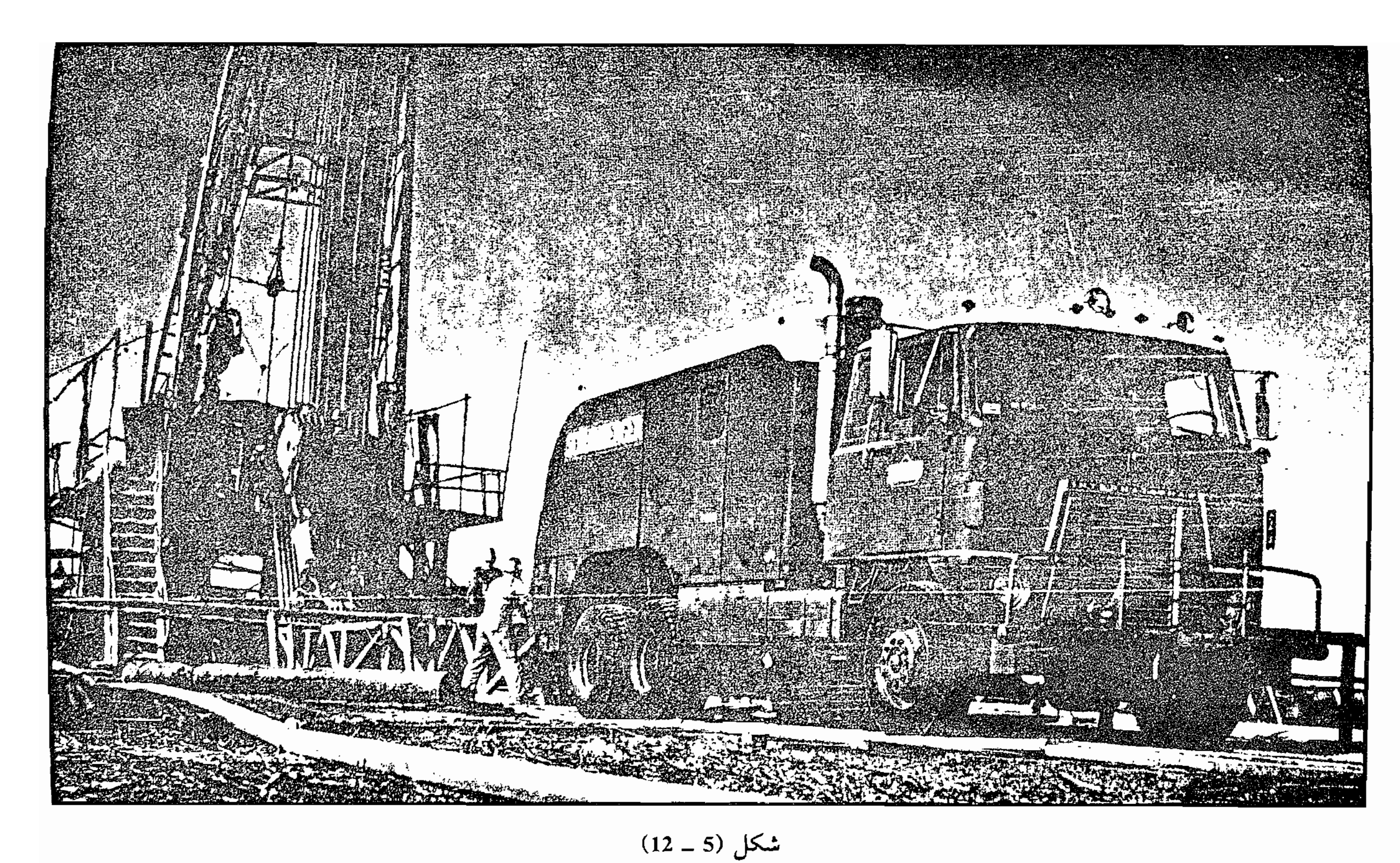
80 سم إلى متر واحد. ويسجل على الصندوق الأعماق والجزء الأعلى والأسفل. إن الخدوش التي تحصل لسطح اللباب الخارجي نتيجة للحفر الرحوي قد تشوه الصفات الصخرية الأصلية، وتعالج هذه الحالة إما بواسطة غسل اللباب أو استعمال حامض الهيدروكلوريك المخفف. ومن الطرق المفيدة قطع اللباب بصورة طولية وفحص السطح المقطوع الرطب الذي تكون التراكيب المختلفة واضحة فيه. ومن المفيد استعمال حامض الهيدروكلوريك المخفف عند فحص لباب الصخور الجيرية حيث يمكن ملاحظة الفرق بين الحبيبات ومادة التسميت الكلسية.

سجلات الآبار (Well Logs):

قبل التطرق إلى أنواع سجلات الآبار نبدأ موضوعنا بتعريف عام للسجل (Log)، وهو تثبيت المعلومات بشكل تخطيطي على جدول عمودي بحسب الأعماق لصفة من الصفات (أو لعدة صفات) للصخور تحت سطح الأرض.

وعملية تسجيل المعلومات في البئر تسمى (Well Logging) والمعلومات المسجلة قد تكون للمكونات الصخرية أو الصفات الفيزيائية في بئر، كسجل المقاومة (Resistivity log) وسجل اشعاع كاما (Gamma Log). كما يثبت بعض الحفارين سجلاً عن تقدم الحفر حسب الأعماق وسجل عمق المياه أو النفط، أو أية معلومات غيرها لها علاقة بحفر الآبار. فالسجل (Log) إذن هو تدوين للمعلومات حسب الأعماق إما يدوياً أو آلياً (ميكانيكياً) فقد يكون بسيطاً يضم جدولاً عمودياً مسجلاً فيه صفات اللباب بحسب الأعماق. وقد يكون أكثر تعقيداً بتسجيله صفات هذا اللباب كالنفاذية أو المسامية ومحتويات الطبقات من ماء أو غاز أو نفط. . . الخ.

تتكون وحدات التسجيل النموذجية للبئر (Well Log Units) من سيارة كبيرة لاحظ الشكل (5 ـ 12) ومولدة كهربائية ويثبت على السيارة رافعة (ونش) (Winch) وسلك وأجهزة التقاط (مسبار) (Sondes). ويوجد داخل السيارة أجهزة تسجيل للمعلومات بواسطة قلم يتحرك آلياً على ورق بياني أو جهاز غلفانومتر



شكل (5 ـ 12)

سيارة تسجيل معلومات (سجلات) الآبار.

(المصدر Schlumberger, Doc. 8,1958)

(Galvanometer) خاص يؤشر التغيير على فلم متحرك ويُنظِّم تسجيل الجهاز حسب الأعماق المرغوبة، فمثلاً انش لكل 50 قدماً، أو إنش لكل 100 قدم، أو أي مقياس آخر.

وهناك أنواع مختلفة من أجهزة الالتقاط (المسابير) (Sondes) بعضها مكون من قطعة عازلة وبها أقطاب (Electrodes) أو تكون بشكل صندوق صغير يحوي على أجهزة الكترونية وتنزل أجهزة الالتقاط داخل البئر للتسجيل.

الخطوط الأفقية على الورق البياني تمثل الأعماق والعمودية تمثل قيم القراءات، لذا فإن تقاطع خطوط التسجيل (Logs) العمودية ـ المسجلة بواسطة القلم أو الفلم ـ مع الخطوط البيانية الأفقية يعطي المعلومات التالية:

1 ـ سمك الطبقات الصخرية ـ وتحدد بتقاطع الخطوط البيانية الأفقية مع خط التسجيل العمودي.

2 ـ المضاهاة بين الطبقات من بئر إلى أخرى.

3 ـ ما تحويه الطبقات من ماء أو مواد هيدروكربونية أو معدنية بحسب الأجهزة المستعملة للتسجيل (Logs).

4 ـ تخمين القيمة الإنتاجية لهذه الطبقات.

إن أولى التجارب التي أجريت لتحديد موقع الخامات تحت الأرض كانت في الولايات المتحدة الأمريكية عام 1893م حيث أجريت تجارب لتحديد موقع خامات النحاس باستخدام الفرق في درجة التوصيل الكهربائي للتفريق بين خامات النحاس والصخور المجاورة لها.

وفي عام 1915م استخدم شلومبرجر (Schlumberger) جهازين مغناطيسيين للبحث عن المعادن وما زالت مستخدمة حتى الآن. وهما ابرة الميل (Dip needle) وجهاز قياس المغناطيسية لشميدت (Schmidt magnatometer).

السجل الميكانيكي للبئر (Mechanical Well Logging)

ويقصد به العمليات التي تتم بواسطة أجهزة مختلفة تقوم بتسجيل

المعلومات وما تحويه بحسب الأعماق. ومن هذه السجلات الميكانيكية نتطرق إلى الأنواع التالية:

السجلات الكهربائية (Electrical Logs)

أول استخدام لسجل الآبار استعمله شلومبرجر عام 1929م وهو أحد الأنواع الرئيسية من سجلات الآبار. وهو تسجيل لمقاومة الصخور (Resistivity Log) أو معكوس المقاومة (أي التوصيل) (Conductivity) وكذلك الجهد الذاتي المتكون داخل البئر (SP. Log). وقد أدخلت التسجيلات الكهربائية في الدراسات النفطية قبل أكثر من خمسين عاماً.

والأنواع الأخرى من سجلات الآبار تقوم بتسجيل (قياس) شدة الإشعاعات الطبيعية للتكاوين وتسمى سجلات كاما (Gamma Ray Logging) أو تسجل لأشعة كاما المتكونة داخل الطبقات نتيجة لضرب الطبقات بنيوترونات ويطلق عليها سجل النيوترونات (Neutron Logging). وبالإمكان تشخيص حدود الطبقات بالاستناد إلى هذه السجلات وإجراء المضاهاة بين الطبقات من بئر إلى بئر أخرى. وأول استخدام لسجلات المواد المشعة كان في عام 1909م.

سجل الجهد الذاتي (SP. Log):

إن مبدأ عمل سجل الجهد الذاتي (Potential Spontaneous Potential or Self) يستند إلى قياس فرق الجهد بين قطب كهربائي في السطح وقطب كهربائي في داخل البئر. وفي أثناء التسجيل يتم سحب القطب الكهربائي داخل البئر من الأسفل إلى الأعلى وتنشأ فولتية كهربائية ذاتية بسيطة داخل البئر في مناطق سطوح الاتصالات بين الطبقات المُنفذة (Permeable) من الوحدات الصخرية كالحجر الرملي والحجر الجيري مثلاً وبين الصخور الأقل نفاذية كالطفل (Shale)، كما أن هناك عاملاً آخر يساهم في تكوين فولتية كهربائية داخل البئر هو الفرق بين درجة ملوحة المياه الموجودة في الطبقات الصخرية وملوحة ماء أو طين الحفر.

أما سجل الجهد الذاتي (SP Log)، لاحظ الشكل (5 ـ 13)، فيكون شاقولياً (قراءته صفر) أمام الطبقات الطينية في البئر ويسمى ذلك الخط خط الطفل (Shale

line). ويكون شاقولياً أيضاً حينما تكون ملوحة طين الحفر مساوية لملوحة مياه الطبقات. أما شكل منحني الجهد الذاتي أمام الطبقات المُنفذة التي تحوي على مياه ذات ملوحة أعلى من ملوحة طين الحفر فإنه ينحرف إلى اليسار. وينحرف المنحني إلى اليمين أمام الطبقات التي تحوي مياهاً عذبة (أي ذات ملوحة أقل من ملوحة طين الحفر)..

إن فائدة سجل الجهد الذاتي هي:

1 ـ تشخيص الطبقات المُنفذة (Permeable).

2 ـ تحديد حدود هذه الطبقات.

3 ـ مضاهاة هذه الطبقات.

4 ـ استخراج قيمة مقاومة المياه الموجودة داخل الطبقات.

شكل (5 ـ 13)

سجل الجهد الذاتي في اليسار وسجلان لأشعة كاما ونيوترون لنفس الطبقات الصخرية.

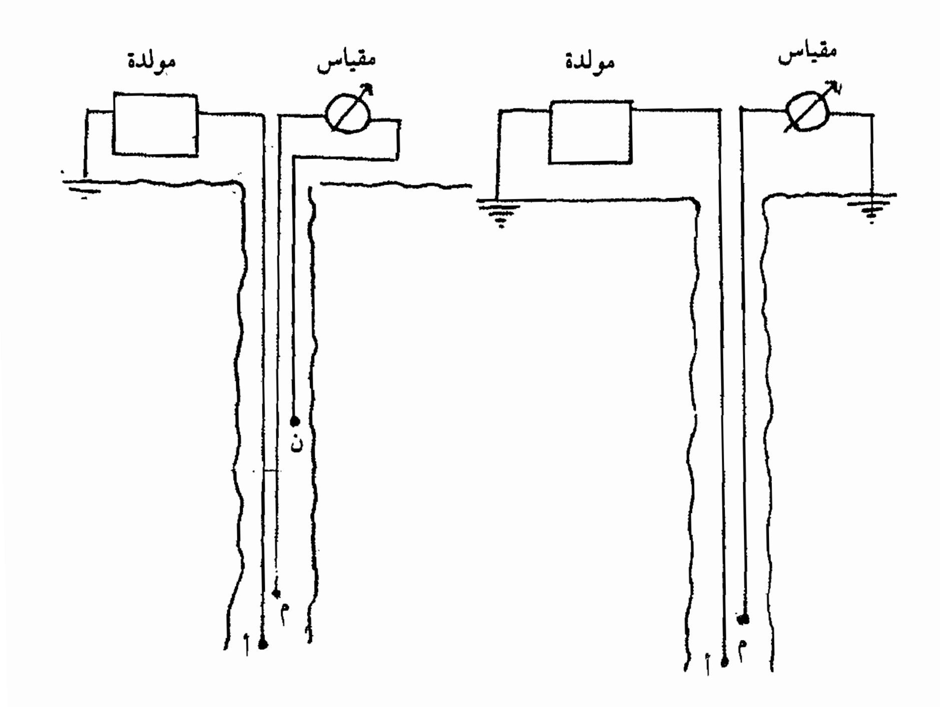
(المصدر Miller, 1970).

منحنيات المقاومة (Resistivity Curves):

تستخدم طريقة التسجيل الكهربائي أقطاباً ترسل بواسطتها الكهربائية ويقاس فرق الجهد بينهما. وتستخدم هذه الطريقة فقط في آبار تحوي على أطيان موصلة للكهربائية.

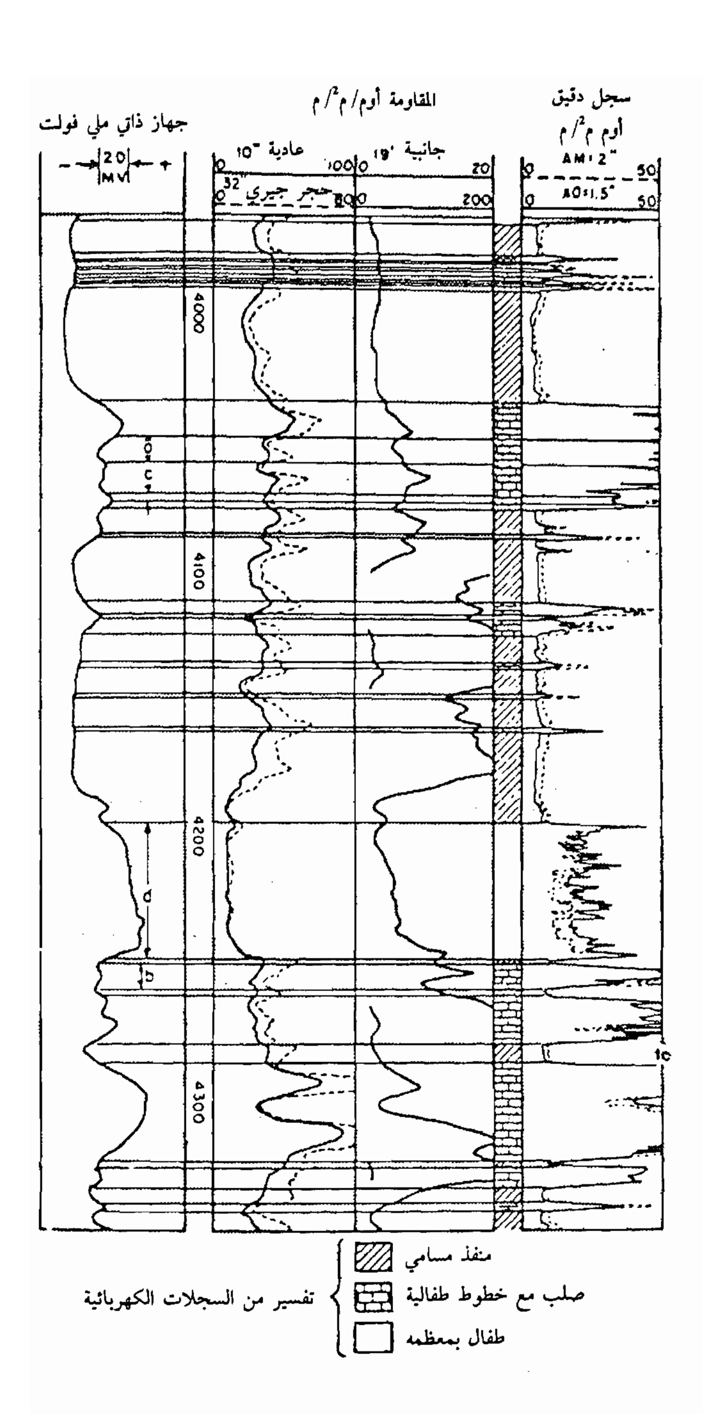
الشكل (5 ـ 14 أ) يوضح الوضع الاعتيادي به قطبان أ و م داخل البئر والقطبان ب و ن على السطح.

وفي الشكل (5 ـ 14 ب) تتوضح الدائرة الكهربائية المستخدمة فعلاً.. فالقطب ن يوضع على بعد كبير من القطبين أ و م: لذا فكلما زادت المقاومة داخل البئر قلت قيمة التيار وبالعكس. ويوضح الشكل (5 ـ 15) سجل المقاومة.



شكل (5 ـ 14)
طريقة وضع الأقطاب في سجل المقاومة.

(المصدر. Schlumberger. Doc. 8).



شكل (5 ـ 15)

سجلات الجهد الذاتي والمقاومة والسجل الدقيق.

(المصدر Schlumberger. Doc. 8).

إن سجل (منحني) المقاومة يعطينا ثلاث معلومات أساسية مهمة لتقدير كمية المواد الهيدروكربونية وهي، النفاذية، المسامية، التشبع.

إن المقاومة الكهربائية للصخور تعتمد بصورة رئيسية على نوعية السائل وكميته... لذا فإن كمية الماء هي المعيار للمسامية (Porosity) في الصخور. فالمسامية إذن لها علاقة بالمقاومة، وبصورة عامة فإن طبقات مساميتها 10% هي أكثر مقاومة من تلك التي مساميتها 30٪ ـ بشرط أن يحتوي كلاهما على نفس السائل. فالحجر الرملي المسامي الذي يحوي على ماء مالح بكثرة يكون موصلاً للكهربائية وتكون مقاومته للتيار المرسل داخل البئر أقل.. ولو كان في الحجر الرملي ذاته نفطاً فإن مقاومته ستكون أكبر للتيار، لأن النفط مادة غير موصلة للكهربائية كالماء المالح.

سجلات الإشعاع

إن السجلات الإشعاعية على نوعين:

1 ـ تلك التي تقيس الإشعاعات الطبيعية المتواجدة في التكاوين. سجلات أشعة كاما (Gamma Ray Logging).

2 ـ الإشعاعات التي تصدر من التكاوين أو محتوياتها نتيجة لضرب الصخور بالنيوترونات وتسمى سجلات النيوترون (Neutron Logging).

إن أشعة كاما هي عبارة عن أمواج الكترومغناطيسية ذات طاقة عالية تصدر من نويات (جمع نواة) الذرات أما نتيجة لاصطدام (ضرب) النواة أو لأنها عناصر غير ثابتة.

والوحدة المستعملة لقياس أشعة كاما هي مليون الكترون فولت (Mev) وهي مختصر للكلمات الإنكليزية (Milion electron volts) ومعظم الطاقة هذه تقع في مدى يتراوح بين 0,1 و10.

إن الأشعة السينية X-Ray هي أيضاً أمواج الكترومغناطيسية ولكنها ذات طاقة أقل من طاقة أشعة كاما التي تنطلق من نواة الذرة.

سجل أشعة كاما (Gamma Ray Log)

يتكون من جهاز يعمل كهربائياً ينزل داخل البئر ويبدأ التسجيل أثناء سحب الجهاز من الأسفل إلى الأعلى.

الجهاز يسجل أشعة كاما الموجودة بشكل طبيعي في الصخور، وتسجل كمية الإشعاع كذبذبات تنتقل إلى السطح على جهاز تسجيل حيث تحول الذبذبات إلى فولتية كهربائية وتسجل على فلم خاص.

إن أشعة كاما تنطلق من عناصر غير ثابتة كاليورانيوم، الثوريوم، البوتاسيوم التي توجد بكميات يمكن قياسها في جميع الصخور. وقد لوحظ بأن الطفل (Shale) يحوي عادة على أعلى تركيز من هذه العناصر غير الثابتة، لهذا فهو أكثر أشعاعاً من الحجر الجيري والرملي والدولومايت والملح والانهيدرايت... لذا فإن سجل أشعة كاما يحدد بشكل دقيق وجود الطفل في الطبقات الصخرية تحت الأرض.

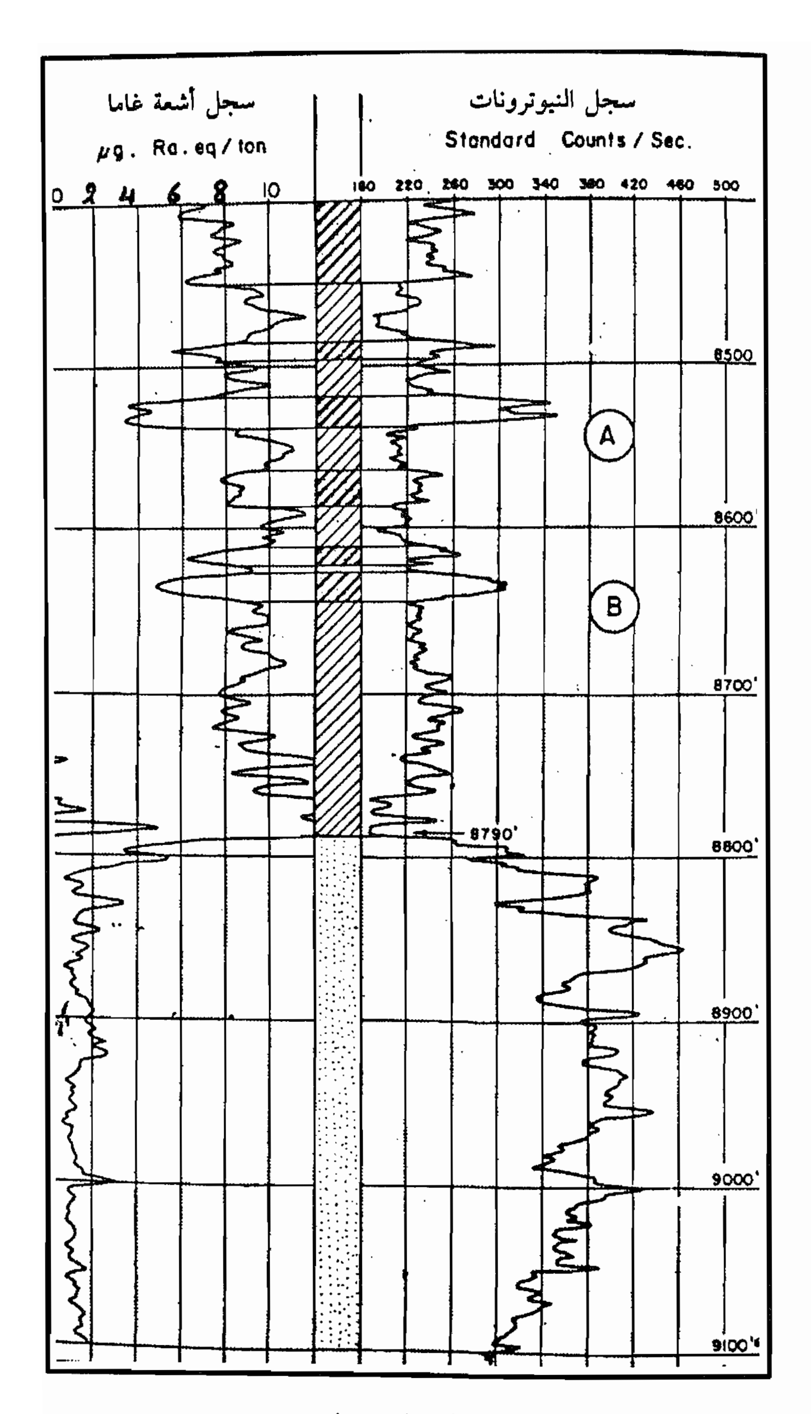
ونظراً لشدة أشعة كاما فإن بالإمكان تسجيل وجود هذه الأشعة في الصخور في آبار تم تبطينها (Cased) أو في آبار غير مبطنة وكذلك بغض النظر عن طبيعة السائل الموجودة في البئر. اما السجل (المنحني) لاحظ الشكل (5 ـ 16) فإنه ينحرف إلى اليمين كلما كانت الأشعة الموجودة في الصخور عالية.

يفيد سجل أشعة كاما في تشخيص طبقات الطفل وتمييز وجوده عن غيره وتعيين حدود الطبقات والمضاهاة في آبار مبطنة.

كما إنه يستعمل بصورة خاصة في آبار حفرت بطين ذي ملوحة عالية ـ حيث لا يتمكن سجل الجهد الذاتي .SP من تعيين الحدود بشكل دقيق. وهكذا فإن سجل أشعة كاما يسجل طبقات الطَفَل أو تلك التي بها كمية من الطَفَل.

سجل منحني النيتورن (Netron Curvelog)

لهذا السجل تسمية ثانية هي سجل الهيدروجين (Hydrogen Log). وهذا السجل هو للأشعة الثانوية المتكونة نتيجة لضرب الطبقات الصخرية تحت السطح بالنيوترونات وله علاقة مباشرة بمسامية الصخور التي يجري فحصها.



شكل (5 ـ 16)

سجلات أشعة كاما ونيوترون

(المصدر Schlumberger. Doc. 8).

يتكون من مصدر لإطلاق نيوترونات، وهذا المصدر قد يكون إما أمريسيوم ـ بريليوم (Americiun - Beryllium) أو بلوتونيوم ـ بريليوم (Plutonium - Beryllium) أو بريليوم ـ راديوم (Beryllium - Radium).

النيوترونات هي جسيمات (Particles) متعادلة كهربائياً ولكل منها كتلة مساوية تقريباً لكتلة ذرة الهيدروجين وتنطلق بسرعة تصل إلى 10,000كم/ ثانية وتنطلق مرة في كل جزء من ألف من الثانية وبمعدل عدة ملايين في الثانية الواحدة وبطاقة تصل إلى (4 Mev) (4 مليون الكترون فولت ـ وهي وحدة لقياس طاقة كاما). وباندفاع النيوترونات داخل الطبقات الصخرية تصطدم بنويات ذرات العناصر المكونة للمواد الصخرية المتواجدة بشكل غازات أو سوائل داخل الفجوات. وكل اصطدام يؤدي إلى خسران النيوترون لجزء من زخمة حتى تصل سرعته إلى سرعة تماثل سرعة الحركة الحرارية (Thermal motion) للمواد التي حوله التي تبلغ حوالي 2كم/ ثانية. وعند هذه السرعة يصبح النيوترون سهل الامتصاص (أو الوقوف) من قبل معظم المواد. ووقوف جسيمة النيوترون يؤدي إلى انطلاق أشعة كاما، هذه الأشعة هي التي تسجل على جهاز مثل عداد كايكر ـ مولر (Geiger - Muller Counter) أو أي جهاز تسجيل آخر. وقد لوحظ إن أشعة كاما المتولدة نتيجة لوقوف (امتصاص) النيوترون هي ذات طاقة أعلى من طاقة أشعة كاما المتولدة (المتواجدة) طبيعياً داخل الصخور.

ولما كانت ذرات الهيدروجين ذات كتلة تماثل كتلة النيوترون، لذا فهي أكثر الذرات المؤثرة في إيقاف النيوترون المنطلق.

تنطلق النيوترونات من المصدر بكميات عالية كما أوضحنا وتبدأ بالتوقف نتيجة لاصطدامها بنويات ذرات المواد الموجودة حولها. ولما كانت ذرات الهيدروجين هي أكثر تأثيراً من غيرها في إيقاف النيوترونات لذا فإن زيادة نسبة الهيدروجين سيؤدي إلى تقليص عدد النيوترونات التي تتجاوز مسافات معينة... أي إن كثافة النيوترونات تقل لوغاريتمياً (عكسياً) مع كثافة الهيدروجين. يوضح جهاز التقاط Detector أشعة كاما على بعد يتراوح بين 18 ـ 20 إنشاً (45 ـ 50 سم) من مصدر النيوترونات.

لذا فإن شدة النيوترونات التي تصل إلى مسافات بعيدة من المصدر يعتمد على كثافة الهيدروجين الموجود في الصخور. فكلما قلت كمية الهيدروجين في الصخور كلما زادت كمية النيوترونات التي تصل إلى مسافة أبعد من المصدر وبذلك تزيد شدة أشعة كاما المسجلة استناداً إلى ذلك.

وبالإمكان تلخيص طريقة التسجيل بالقول إنه كلما زادت كمية الهيدورجين كلما قلت كمية النيوترونات وبذلك تقل كمية أشعة كاما المسجلة.

لهذا السبب أطلق على هذا السجل اسم «سجل الهيدروجين» (Hydrgen Log) (الشكل 5 ـ 16) وهو يقيس المسامية الكلية (Total porosity) في الصخور/ سواء أكانت مملوءة بالنفط أو بالماء بفرض أن كليها يحملان نفس الكمية من الهيدروجين. . . اختلاف المحتويات يؤدي إلى تشخيصه (أي السجل) للنفط أو الماء أو أحدهما ضد طبقات مملوءة بالغاز (الهواء).

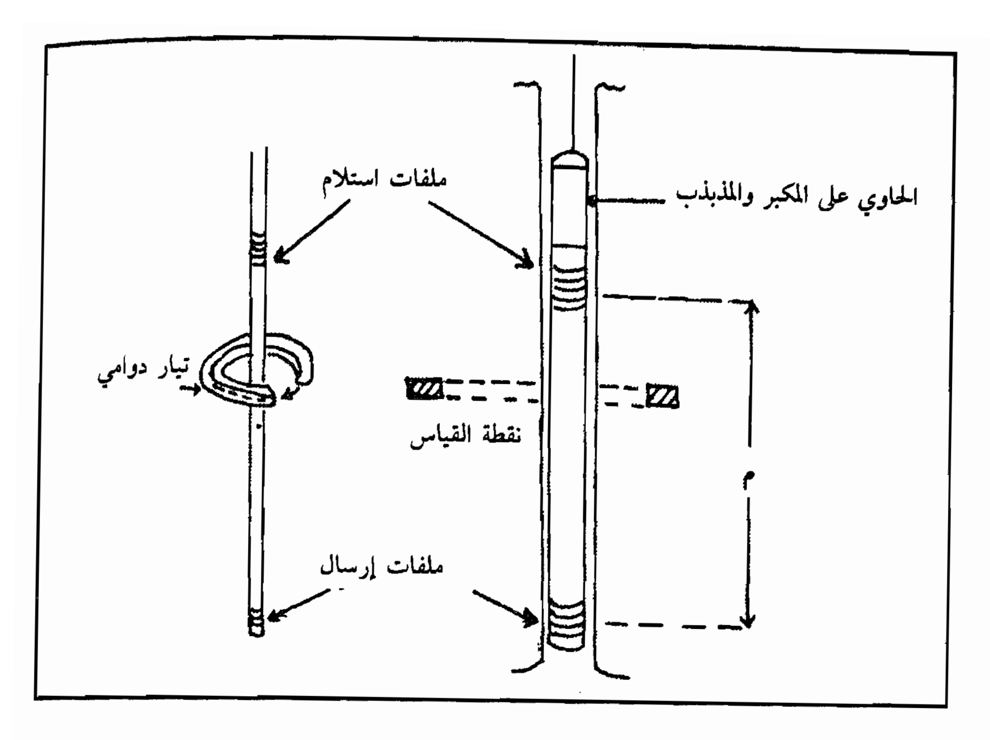
إن الغاز الطبيعي (Natural Gas) يحوي كمية من الهيدروجين أقل من كميته في الماء والنفط. إن تركيز الهيدروجين في الماء والنفط لا يختلف كثيراً لكي يظهر ذلك باختلاف معدلات التسجيل. لذا في الطبقة التي تحوي نفطاً أو ماء تكون معدلات التسجيل هي مقياس للمسامية.

إن تركيز الهيدروجين في الغاز هو أقل بكثير من تركيزه في النفط أو الماء. . . لذا ففي طبقات ذات مسامية متماثلة فإن التكوين الذي يحوي على غاز سيعطي قراءات أعلى من تكوين خالٍ من الغاز.

سجل الحث (التوصيل) (Induction Logging):

ابتدأ استخدام هذه الطريقة منذ عام 1946 وهي طريقة لقياس التوصيل Conductivity معكوس المقاومة (Resistivity) للتكاوين بواسطة تيار كهربائي مستحث (Induced) ومتناوب لاحظ الشكل (5 ـ 17).

ولما كانت الطريقة تعتمد على الاستحاثة فإن ملفات (Coils) معزولة تستخدم بدلاً من الأقطاب الكهربائية. . . والبئر يمكن أن تحوي أي سائل طين به ماء، طين ونفط غاز أو هواء (بئر خالية) والبئر يجب أن تكون بدون بطانة.



شكل (5 ـ 17)
جهاز سجل الحث

(محورة من Schlumberger. Doc. 8).

إن ميزة هذا النوع من السجل انه يُمَكِّن الجيولوجي من فحص طبقات رقيقة وذلك نظراً لقابليته على التأثير بمنطقة صغيرة السمك وواسعة القطر.

إن استعمال سجلات الحث والجهد الذاتي والمقاومة، يسمى سجل الحث ـ الكهربائي «Induction Electrical Logging» وهو الطريقة الحديثة للتسجيل الكهربائي في طين الحفر الحاوي على ماء عذب.

الشكل (5 ـ 17) يوضح تخطيطاً مبسطاً لنظام تسجيل التوصيل ويتكون من ملف إرسال (Transmitter Coil) وملف استلام (Receiver Coil) ربطا على قضيب عازل... والمسافة بين الملفين هي المسافة «L» في الشكل المذكور.

ويرسل تيار متناوب ذو قيمة ثابتة وتذبذب ثابت إلى ملف (Transmitter Coil) من «مُذَبذِب» (Oscillator) يؤدي المجال المغناطيسي المتناوب الناتج عن

هذا التيار إلى حث Induces «أحزمة تيار» (Current Loops) تسمى أحياناً «تياراً دوّامياً أو دائرياً» (Eddy Current) في التكوين الذي يحيط بالقطب (Sonde). . . وهذه التيارات بدورها تشكل مجالاتها المغناطيسية الخاصة بها التي تكون قوة دافعة كهربائية يشار لها بعبارة «إشارة» (Signal) في ملف الاستلام. وتتناسب شدة التيار المستحث (Induced) في التكوين مع قدرة التكوين على التوصيل، لذا فإن الإشارة (Signal) التي تحدث نتيجة للحث في ملف التوصيل تتناسب مع درجة توصيل التكوين ولهذا تتناسب عكسياً مع مقاومته.

إن الإشارات تكبر وتحول إلى تيار مباشر وتنقل إلى السطح حيث تسجل على أجهزة تسجيل.

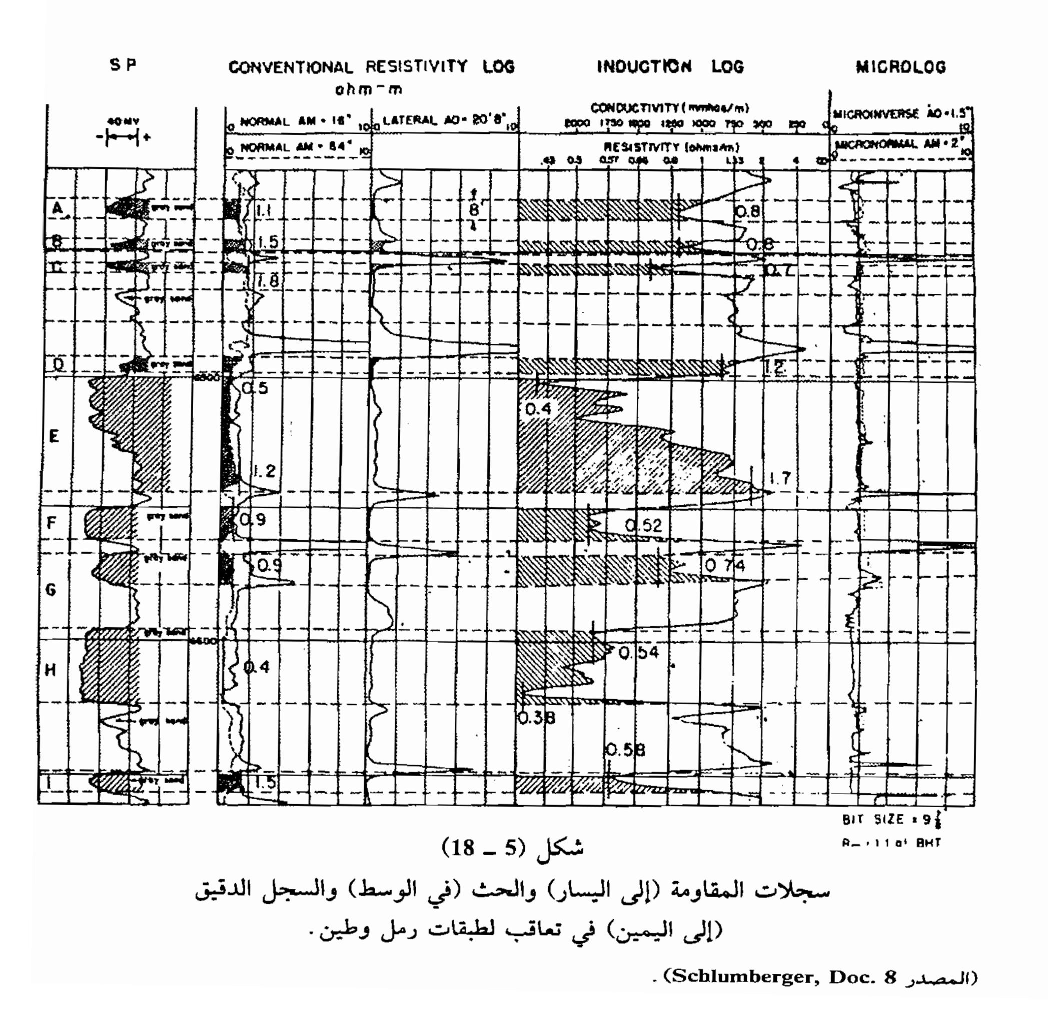
مقياس سجل التوصيل:

لما كان التوصيل هو مقلوب المقاومة ($\sigma = \frac{1}{R}$) ولما كان مقياس المقاومة هو «أوم ـ متر» (Ohm - meter) لذا فإن وحدة التوصيل هي «أوم ـ م/ 1» (1/Ohm - m) أو «مو ـ متر» (Mho - meter).

لذا عند استخدم الأوم/ متر فإن جميع قيم المقاومة التي تزيد عن أوم ـ متر واحد يجب أن يعبر عنها باجزاء عشرية، ولتجنب ذلك فقد استخدمت أجزاء بالآف من الـ «مو» (Mho). ولذا فإن قراءات سجل التوصيل يعبر عنها بجزء من آلاف من المو/ متر (Millimhos\ Meter) وتكتب «Mho\ m». لذا فإن تكاوين لها مقاومات 18، 100، أو 1,000 أوم ـ م لها توصيل 100، 10، 1 ملي مو/ متر على التعاقب. لاحظ الشكل (5 ـ 18).

سجل الصوت (Sonic Logging)

يسجل الوقت الذي تستغرقه موجة صوتية لكي تقطع مسافة معينة من التكوين. . . وتسجل هذه الأوقات باستمرار حسب الأعماق أثناء سحب قطب الصوت من البئر إلى الأعلى، يتناسب والوقت عكسياً مع سرعة الصوت في التكوين. الجدول (5 ـ 1) يوضح سرعات الصوت والأوقات التي تقابلها بجزء



شكل (5 ـ 18)

سجلات المقاومة (إلى اليسار) والحث (في الوسط) والسجل الدقيق (إلى اليمين) في تعاقب لطبقات رمل وطين.

(المصدر Schlumberger, Doc. 8).

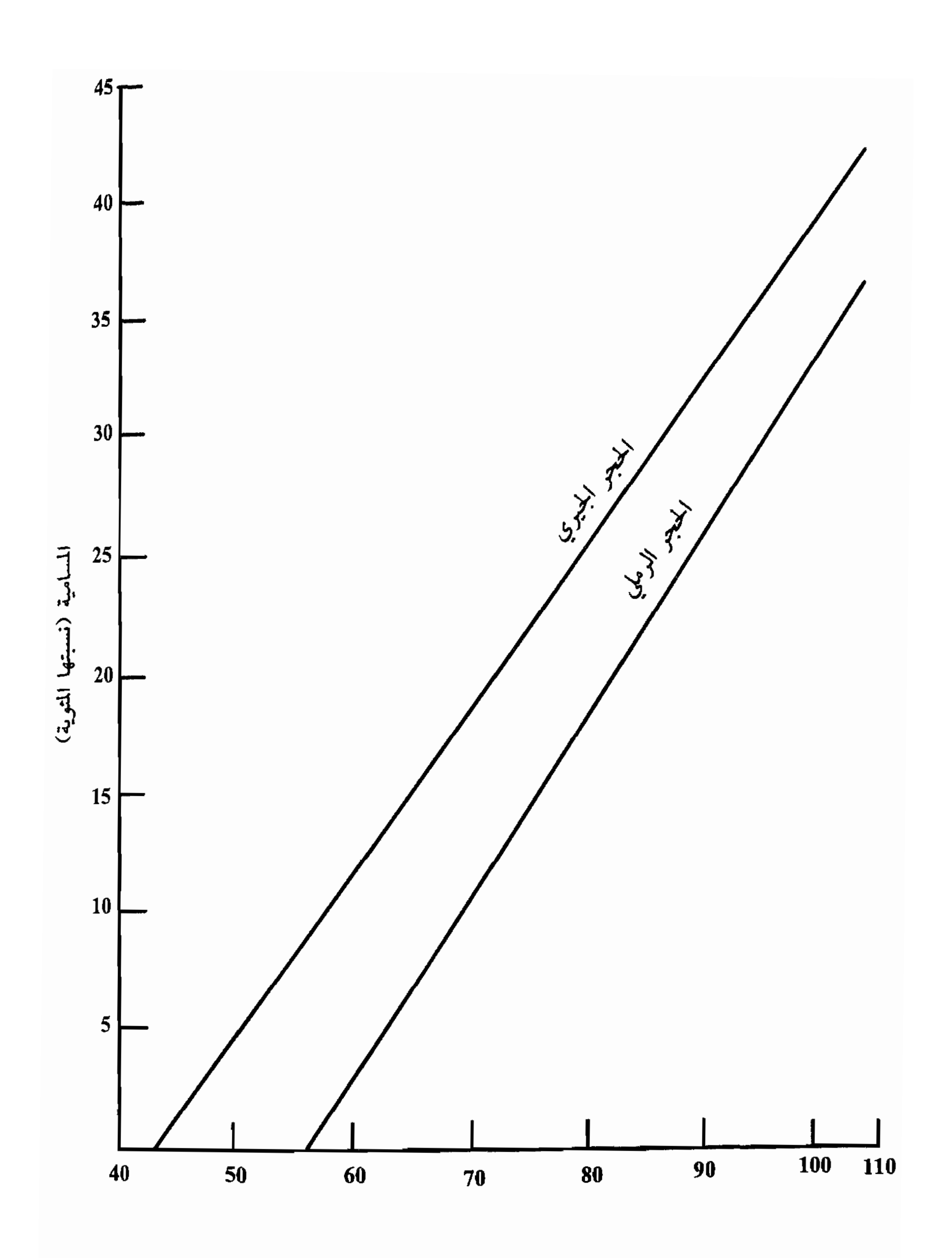
من المليون لكل قدم (Microseconds per foot) لعدة مواد صلبة وسوائل.. بعض هذه القيم هي معدلات وقد تتغير بحسب الأعماق.

الجدول (5 ـ 1)

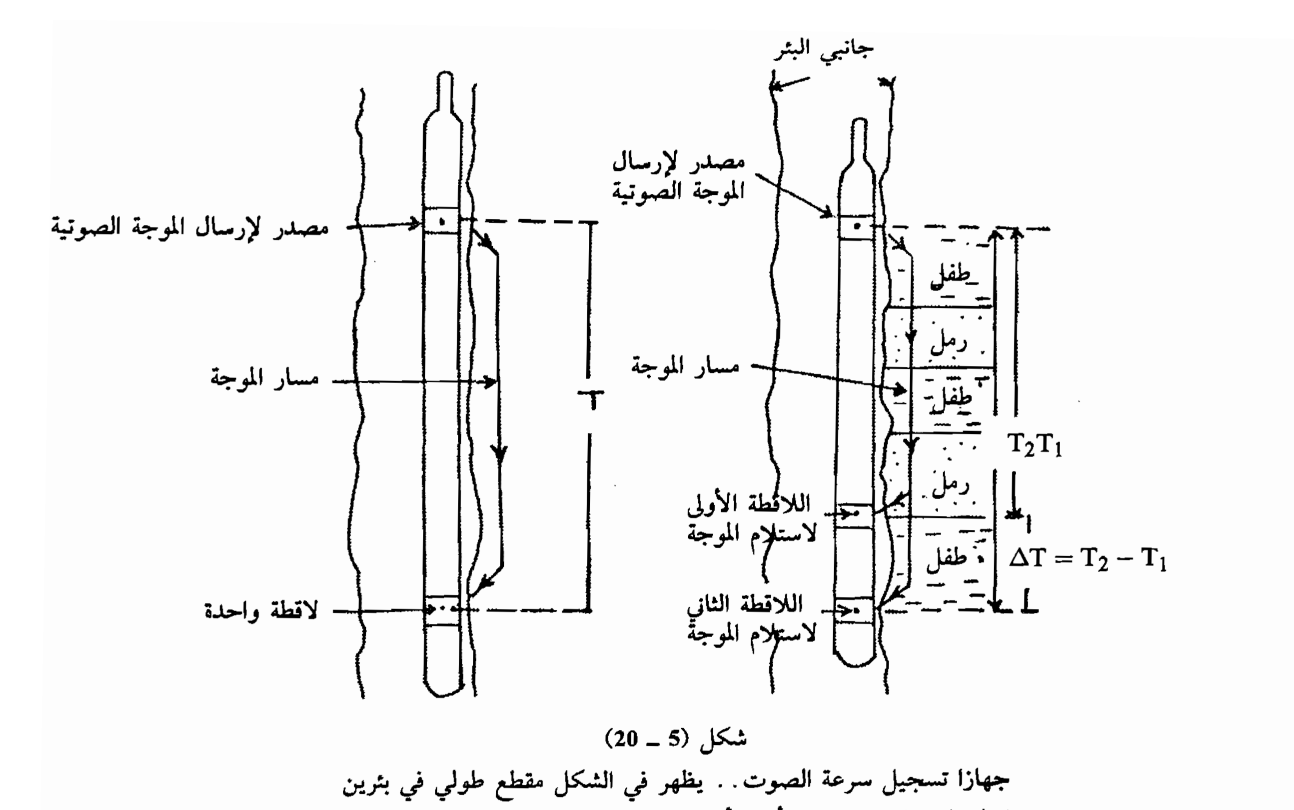
سرعة الصوت، والفاصلة الزمنية ΔT للقدم الواحد، لعدة مواد.

المادة	سرعة الصوت، س (قدم بالثانية)	الزمن الذي يستغرقه لقطع قدم واحد $DF = 10/v$ والوحدة هي قدم في جزء من الثانية
الهواء	1088	919
النفط	4300	232
الماء (مع طين)	5300 ـ 5000	200
الطَفَل	16,000 ـ 6000	167 ـ 62,5
ملح (صخري)	15,000	66,7
الأحجار الرملية	تصل إلى 18,000	55,6
الهايدرايت	20,000	50
الأحجار الجيرية	يصل إلى 23,000	43,5
دولومايت	24,500	40,8

إن سرعة الصوت في تكاوين تحت الأرض تعتمد على نوع الصخور وصفات المرونة للصخور والفجوات في التكاوين ومحتوياتها من السوائل والضغط. والشكل (5 ـ 19) يوضح العلاقة بين المسامية والزمن، فيما يوضح الشكل (5 ـ 20) نوعين من الأقطاب التي يمكن أن تستعمل في سجلات الصوت... على اليسار نموذج أبسط يتكون من مولد (إرسال) (Generator) للصوت في الأعلى وجهاز استقبال واحد (Receiver) يقع على مسافة ثابتة إلى الأسفل من الجهاز المولد (الارسال). وتصنع المادة التي تربط بين الارسال والاستقبال بالشكل الذي تكون سرعة الصوت فيها أبطأ من سرعة الصوت في التكاوين لكي تتأخر موجة الصوت التي تمر به.



شكل (5 ـ 19)
العلاقة بين المسامية والزمن في الأحجار الجيرية والرملية



شكل (5 ـ 20)

جهازا تسجيل سرعة الصوت.. يظهر في الشكل مقطع طولي في بئرين وبداخلهما جهازا تسجيل الأول (أ) ذو لاقطتين والثاني (ب) ذو لاقطة واحدة.

في الشكل (ب) يمثل T الزمن الذي يقطعه الصوت بين الارسال والاستلام والمسافة بين المولدة واللاقطة ثابتة.

في الشكل (أ) تمثل T فرق الزمن بين لاقطتين المسافة بينهما ثابتة أيضاً (قدم واحد).

وقد وضّح السهم الذي إلى اليمين طريق مسار موجة الصوت... كما أن الشكل إلى اليمين (أ) يوضح نوعاً من سجلات الصوت ذات «جهازي الالتقاط»، واللاقطتان يمكن أن تكون المسافة بينهما قدماً واحداً أو 3 أقدام. ومن الناحية العملية فإن الفرق في وصول الموجة (النبضة) (Pulse) بين اللاقطتين هو الذي يُسجَّل... لذا فإن الفرق في زمن وصول الموجة إلى اللاقطتين هو (ΔT) هو يمثل الوقت الذي استغرقته الموجة الصوتية لقطع مسافة قدم واحد، وهي المسافة بين اللاقطتين، وهو معكوس السرعة.

السجل الجانبي (The Laterolog)

هو سجل قياس المقاومة (Resistivity) باستخدام أقطاب ويرسل التيار بتوجيه خلال الوحدات الصخرية كطبقة ذات سمك محدد مسبقاً (لاحظ الشكل (5 ـ 21)). لذا فإنه يقيس جزءاً من الصخور ذات بعد عمودي قليل وعادة لا يتأثر بعمود الطين في البئر.

وفائدته مقارنة بأجهزة قياس المقاومة الأخرى (الاعتيادية) هي:

1 ـ تحديد الفرق بين الطبقات بشكل أكثر دقة كما أنه أكثر دقة في تحديد حدودها.

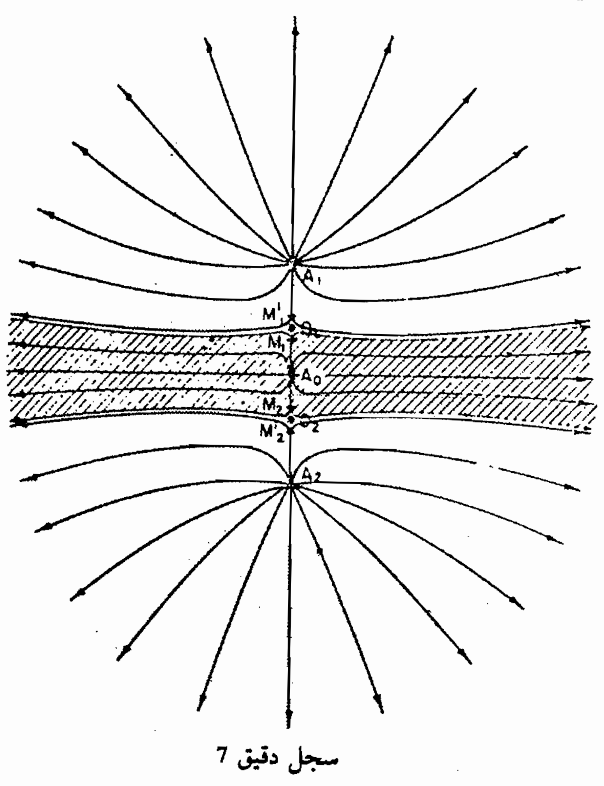
2 ـ النتائج أقرب إلى المقاومة الحقيقية للطبقات الرقيقة خاصة في حالة وجود طبقات حفرت بواسطة ماء ذي ملوحة عالية.

وهناك نوعان من السجلات الجانبية (Laterology) التي تستعمل في الحقل أحدهما برقم 3 والآخر برقم 7.

السجلات الدقيقة (Micrology)

إن تطوير السجل الكهربائي أدى إلى استنباط سجل دقيق (Micrology). ويرسم المنحني من قبل أقطاب على اتصال بجدران البئر داخل وسادة (Pad) وذات مسافات قريبة جداً من 1 ـ 2 بوصة (انش) (لاحظ الشكل (5 ـ 22)). وهذه المسافة القريبة تشخص الطبقات الرقيقة والتغييرات في الصفات الصخرية... ولذا

فإن السجل الدقيق (Microlog) يظهر تفصيلات دقيقة أكثر من السجلات الكهربائية الاعتيادية. (لاحظ الشكل (5 ـ 18)). فالطبقات ذات المسامية العالية يشخصها هذا السجل وذلك لأن دخول طين الحفر فيها يشخص بسرعة من قبله... إضافة إلى ذلك فإن نسبة المسامية يمكن حسابها في الغالب باستعمال جهازين من السجل الدقيق (Microlog). كما له فائدة أخرى ففي حالة كون التكوينات ذات مقاومة أكثر من الطين (طين الحفر) كما في حالة وجود طبقات من الحجر الجيري فإن مقياس الجهد الذاتي SP يسجل وجود طبقات نافذة ولكنه لا يعطي الحدود بشكل دقيق لهذه الطبقات خاصة عندما تكون رقيقة كما أن السجل الدقيق (Microlog) مفيد في طبقات ذات تماسك متوسط كما في حالة تعاقب رمل ـ طفل للتمييز الدقيق للطبقات.

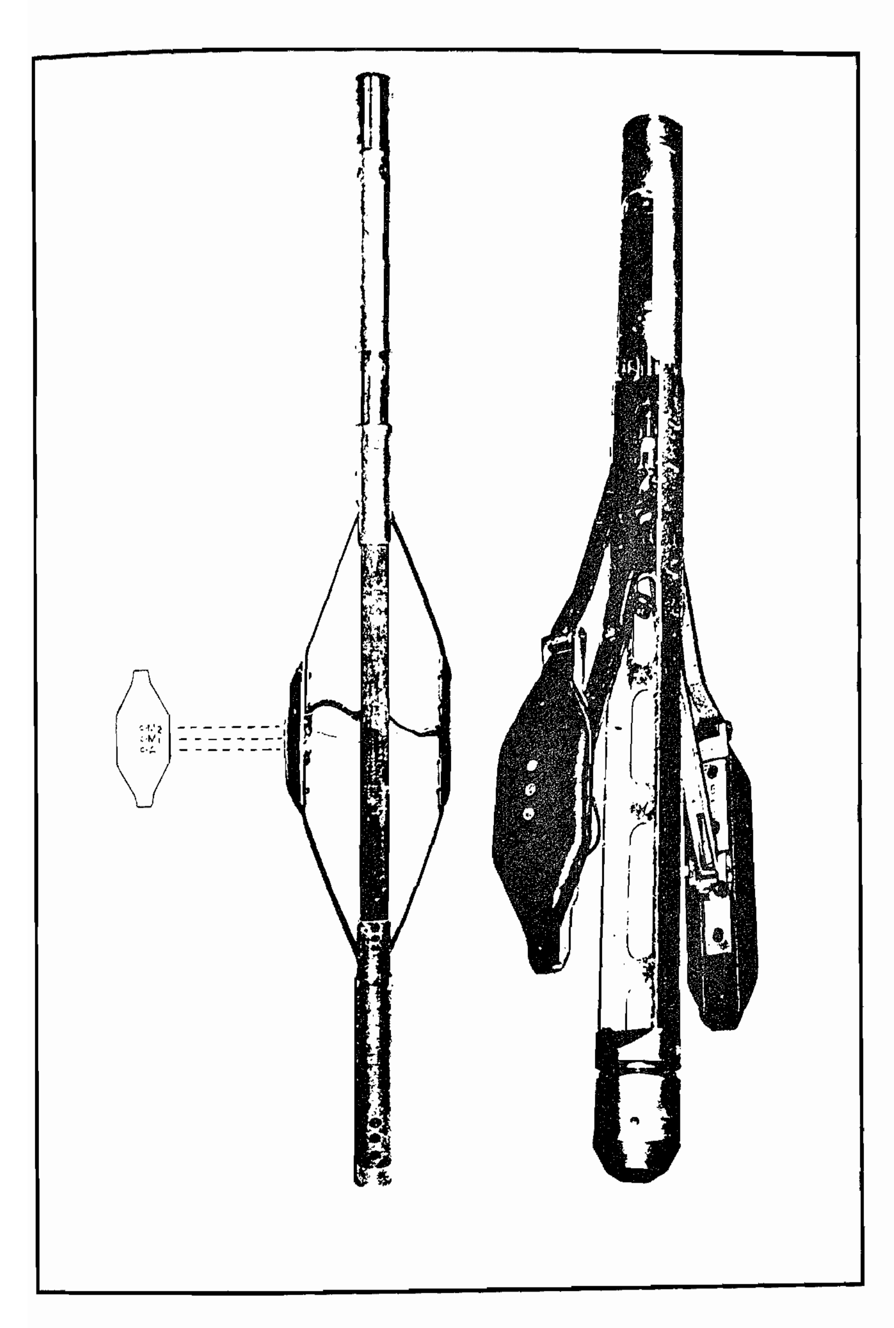


سجل دقيق 7

شكل (5 ـ 21)

انتشار خطوط التيار في وسط متجانس وتمثل المنطقة المظللة طبقة قياس التيار الجانبي

(المصدر **Schlumbergerm Doc. 8**).



شكل (5 ـ 22)
جهاز تسجيل السجلات الدقيقة

(المصدر Schlumberger, Doc. 8).

سجل قياس المقطع (Section Gauge Logging)

هو سجل لقطر البئر. فأثناء الحفر قد يتساقط قسم من الطبقات التي تشكل جوانب البئر وقد ينهار البعض الآخر مما يؤدي إلى توسع في قطر البئر. وبإنزال جهاز خاص فإننا نتمكن من قياس قطر البئر ومساحة قطر البئر وذلك بحركة الجهاز إلى الأعلى داخل البئر. ويسجل القطر الحقيقي للبئر باستمرار على فلم بواسطة مسجل على السطح.

إن قياس قطر البئر مهم للأسباب التالية:

1 - يفيد في حساب حجم البئر وبذلك تحسب كمية التبطين التي يحتاجها البئر.

2 - يعطي قيماً حقيقية لقطر البئر الذي يُعتبر ضرورياً لتحليل دقيق للسجلات الكهربائية الأخرى وسجلات الاشعاع.

وهناك نوعان من قياس المقطع تستعمل في الحقل، أولهما سجل قياس المقطع الاعتيادي (S.G.) والثاني سجل السمك الدقيق (Microcaliper) وكلاهما يمكن استخدامهما على نفس السيارة وسجلات التسجيل.

الفصل السادس

المتحجرات الطبقية

علم المتحجرات الطبقي Stratigraphic Paleontology

يقصد به علم الأحياء القديمة (Paleontology)، وتدرس الأحياء من الناحية التصنيفية وعلاقتها بالبيئة القديمة ثم تطور تلك الأحياء خلال الأزمنة الجيولوجية المتعاقبة. ومن خلال دراسة المتحجرات التي وجدت في صخور القشرة الأرضية منذ أكثر من 3,500 بليون سنة فقد توسع هذا العلم وفروعه.

وأصبحت هناك تخصصات دقيقة ضمن الفرع الواحد، فنجد هناك مختصين بدراسة الفورامنيفرا الطافية (Planktonic Foraminifera) وآخرين مختصين بدراسة الفورامنيفر القاعية (Benthonic Foraminifera). وقد يتخصص البعض في دراسة الفورامنيفرا الطافية لفترة زمنية ضيقة كأن تكون الكريتاسي الأعلى والترشري الأسفل أو فورامنيفرا المايوسين. وهكذا بالنسبة لباقي أصناف الأحياء الأخرى.

وقد استند المتخصصون بعلم المتحجرات على مبدأ «الوتيرة الواحدة» أو «الحاضر مفتاح الماضي» في استنتاج طبيعة حياة تلك الأحياء (المتحجرات) في الماضي... وقد نجد بعض المختصين بعلم المتحجرات يتجهون في فترة من حياتهم العلمية إلى دراسة نوع أو أكثر من الأحياء التي تمثل محوراً لاهتماماتهم. فالبعض يدرس الفورامنيفرا الحية الحالية لكي تكون لديه صورة أفضل عن المتحجرات التي يدرسها. وعند مراجعة بعض الدوريات العلمية في اختصاص

المتحجرات نجد فيها أبحاثاً عن الأحياء المتواجدة حالياً في خلجان أو مناطق بحرية.

قبل الدخول في تفصيلات بيئة الأحياء وتوزيعها الجغرافي وغيرها من المواضيع ذات العلاقة بتوزيع الأحياء في الطبيعة فإننا نذكر الطالب بأن أغلفة الأرض هي:

1 ـ الغلاف الصخري (Lithosphere).

2 ـ الغلاف المائي (Hydrosphere).

3 ـ الغلاف الغازي (الهوائي) (Atmosphere).

4 ـ الغلاف الحياتي (Biosphere).

والغلاف الرابع ليس غلافاً منعزلاً لوحده بل يمثل مجموعة الكائنات الحية التي تعيش على اليابسة أو في المناطق المائية كالبحار والبحيرات والأنهار وبعضها يعيش في الهواء كالطيور وغبار الطلع والسبورات إن طبيعة التوزيع الأفقي هي القاعدة في التوزيع الجغرافي للغلاف الحياتي بينما التوزيع العمودي هو الأساس في تقسيم الأحياء حسب الأعماق (Bathymetric) لهذا الغلاف.

إن نظام توزيع الحيوانات والنباتات بالأبعاد الثلاثة (الطول، العرض، الارتفاع) يعد عاملاً مهماً في تحليل سجل المتحجرات ويهتم الجيولوجيون يهتمون أيضاً بالبعد الرابع وهو الزمن. وهو يعد مهماً في دراسة تطور الأحياء خلال الزمن وأثره في تقسيم العمود الجيولوجي إلى سجل وثائقي تاريخي حسب الأوقات الجيولوجية.

البيئة Environment

البيئة هي عبارة عن تداخل الظروف الفيزيائية والحياتية... إن البيئة شيء لا يمكن ملاحظته ولكن بعض عوامله يمكن مشاهدتها وقياسها... وبصورة عامة فإن البيئة القديمة Paleoenvironment. يمكن استنتاجها من نتائجها التي تظهر بشكل تجمعات للترسبات وتجمعات المتحجرات.

إن المتحجرات مهمة جداً في علم الطبقات للأسباب التالية:

1 ـ إنها تساهم في مضاهاة الطبقات التي تقع في مناطق مختلفة سنأتي على بحثها في أحد الفصول القادمة.

2 ـ إنها تفيد في إعطاء معلومات عن بيئات الترسيب.

3 ـ إن حفظها يعطي معلومات عن الظروف والتغيرات التي حصلت بعد الترسيب... إن العلاقات التي تربط الأحياء ببيئتها (ما حولها) يسمى علم البيئة (Ecology) وهذه العلاقة يمكن ملاحظتها مباشرة خلال حياة الكائنات الحية حالياً.

أما البيئة القديمة (Paleoecology) فهي دراسة العلاقات بين أحافير الأحياء وظروفها الحياتية القديمة، فحين دراسة الأحياء الحالية يمكن إجراء ملاحظة دقيقة لعلاقة الكائن الحي ببيئته أما في تحليل المتحجرات من الضروري أن ينتبه الباحث إلى عدم خلط الأحافير من طبقات متعاقبة التي قد تحتوي على مجموعة أحافير مختلفة الواحدة عن الأخرى قد تعطي معلومات عن بيئات مختلفة بالرغم من التطابق الصخري للطبقات... وإن كل وحدة طباقية تحتوي على بيئات متباينة ما لم تكن رقيقة جداً.

في علم البيئة القديمة كما في أي فرع من فروع الجيولوجيا الأخرى فإن الحاضر هو مفتاح الماضي.. لذا فإن البيئة القديمة تحلل وتفهم على أساس ما يفهم ويعرف من البيئة الحالية.

وسوف نتطرق إلى أنواع البيئات الرسوبية الحالية والعوامل المؤثرة في كل بيئة.

تقسيم البيئات الرسوبية.

تقسم البيئات الرسوبية على عدة أسس معتمدة على العوامل أو المظاهر التي يرغب الجيولوجي بإبرازها.. فهناك تقسيم يستند على البيئة الطبيعية لوسط الترسيب (هواء، ماء، جليد).. وهناك تقسيم يعتمد على العوامل الجيولوجية التي

تؤدي إلى ترسيب المواد كالرياح والأنهار والأمواج والتيارات... وهناك أساس عام لتقسيم البيئة البحرية وهو عمق المياه... إن التقسيم الذي نشره العالم توينهوفل (Twenhofel) في عام 1950 يمثل تقسيماً للبيئات الرسوبية وهو مقبول لدى العديد من الجيولوجيين وقد اعتمدناه في كتابنا هذا:

1 ـ البيئة القارية (Continental)

(أ) أرضية (Terrestrial).

I ـ صحراوية (Desert).

II ـ جليدية (Glacial).

(ب) مائية (Aqueous).

I ـ نهرية (Fluvial).

II ـ بحيرية (بحيرات) (Lacustrine).

III ـ أهوار (Swamp. Paludal) ومستنقعات (Marshes).

IV ـ كهوف (Cave, Spelean).

2 ـ البيئة الانتقالية (Transitional)

(أ) الدلتا (Deltaic).

(ب) لاغون (Lagoon).

(جـ) الساحل (Littoral).

3 ـ البيئة البحرية (Marine)

(أ) النيريتي (Neritic).

(ب) باثيال (الأعماق) (Bathyal).

(جـ) ابيسال (الأعماق الكبيرة) (Abyssal).

(د) هدال (الأعماق السحيقة) (Hadal).

وسوف نتطرق بالتفصيل إلى أنواع البيئات الرسوبية الثلاث:

أولاً: البيئة القارية: (Continental)

تشير البيئة القارية إلى كافة الترسبات التي تحدث داخل القارات (Continents) التي تقع فوق مستوى سطح البحر على الرغم من أن هناك أمثلة في الطبيعة على وجود مناطق داخل القارات يقع مستواها تحت مستوى سطح البحر مثل وادي الموت في الولايات المتحدة الأميركية والبحر الميت.

وقد فرق الجيولوجيون بين الترسبات القارية التي تحدث في اليابسة والترسبات القارية التي تحدث داخل الكتل المائية الموجودة في القارات.

(أ) البيئة الأرضية (Terrestrial)

هي كافة الترسبات التي تحدث داخل المناطق اليابسة (الأرضية) من القارات وتشمل.

I ـ البيئة الصحراوية (Desert)

إن البيئة الصحراوية تشمل ترسبات الرياح (Eolian) وترسبات الجداول المؤقتة التي تتكون في الصحراء بسبب سقوط الأمطار وترسبات البحيرات التي تتشكل داخل بعض الصحاري ويطلق عليها اسم بحيرات البلايا (Playa Lake). إن الطاقتين الحركية والحرارية تعتبران مهمتين في ترسبات الصحراء. فالطاقة الحركية تشمل حركة الرياح والجداول المؤقتة والطاقة الحرارية هي نتيجة للارتفاع العالي في درجات الحرارة في الصحاري أثناء النهار.

إن طاقة حركة الرياح هي الطاقة الحركية السائدة في الصحراء وتؤدي إلى حركة الرمال وتكون الكثبان الرملية.

كما أن الطاقة الحرارية تؤثر على الصخور وتسبب تعريتها بعملية تسمى التقشر (Exfoliation) وذلك نتيجة للتباين الكبير في درجات الحرارة بين النهار

والليل واختلاف درجات تمدد وتقلص المعادن المكونة للصخور مما يؤدي بالتالي إلى تقشر سطح الصخور. كما أن للطاقة الحرارية أثرها في تبخر مياه البحيرات الصحراوية (البلايا). والمتبخرات المتكونة (Evaporites) نتيجة لذلك هي كلوريد الصوديوم أو كبريتات الصوديوم.

إن المواد الرئيسية المترسبة في الصحراء هي المواد الفتاتية المختلفة التكوين والحجوم. وهي تتدرج من الجلاميد الصغيرة (Cobbles) التي يصل حجمها إلى 256ملم حتى ذرات الطين التي يبلغ حجمها أقل من 256/1 ملم.

ومن معرفتنا العامة بقساوة البيئة الصحراوية فإن الأحياء فيها تكون قليلة لذا فإن دورها غير ذي أثر في الترسبات الصحراوية.

إن الترسبات الصحراوية متنافرة بشكل كبير والترسبات عموماً تكون طولية بشكل العدسات. وقد تتغير المواد الدقيقة إلى مواد خشنة بشكل مفاجئ وذلك بسبب تغير سرعة الرياح في الصحراء أو وجود عوامل تعيق حركتها. وتظهر أحياناً على سطح الحصى آثار تسمى «ورنيش الصحراء» (Desert varnish) بسبب تأثير الرمال المنقولة بواسطة الرياح والتي تضرب وجه هذه الصخور فتصقلها.

إضافة إلى ما تقدم فإن الترسبات الرملية المتكونة بفعل الرياح يظهر على سطحها التطبق المتقاطع (Cross- Bedding) أما في ترسبات البحيرات (بلايا) تظهر النيم (Ripple- marks) أو التكسرات الحمئية (Mud cracks).

إن ألوان ترسبات الصحراء متغيرة ففيها الأبيض والرمادي والأصفر والبني حتى الأسود.

إن الاحتمالات العالية لظروف التأكسد في بيئة الصحراء تؤدي إلى سيادة اللونين الأحمر والبني، بينما اللون الأسود ينتج من وجود كمية كافية من المواد العضوية المتحللة (Humic) بشكل موضعي.

II ـ بيئة المثالج (الثلاجات) (Glacial Environment)

بيئة المثالج تشمل الترسبات التي تحدث بتأثير الكتل الثلجية وكذلك

الترسبات التي تنتج عن المياه التي تتكون نتيجة لذوبان الثلوج نفسها. ومع أن هذه الترسبات التي تتكون من مياه المثالج يصح أن تعتبر ترسبات قارية مائية إلا أن العلاقة بين هذه المياه والثلوج يجعل من الملائم أن تحصر مع ترسبات الثلاجات.

إن مناخ المثالج بارد جداً وبذلك ينحصر نمو النباتات وتتقيد حياة الحيوانات، كما أن للمناخ البارد تأثيره على الترسبات. إن الطاقة الحركية هي الرئيسية في هذه البيئة وتشمل طاقة حركة المثالج والمياه الذائبة. كما أن ما يحدد البيئة هو حجم وسمك المثالج.

تترسب في هذه البيئة المواد الفتاتية فقط وتتدرج من الكتل الصخرية الضخمة إلى الحبيبات الطينية الدقيقة. وتكون غير متجانسة في حجمها وبشكل ركام أي بدون طبقات، وقد تسقط هذه المواد المترسبة «الركام» (Morains) في نهاية الثلاجات أو في قاعها.

إن ترسبات المثالج ذات أهمية محدودة في العمود الجيولوجي فقد تكونت في عصر ما قبل الكامبري وفي العصر البرمي إلا أن أهمها تلك التي تكونت في العصر الجليدي المسمى بلايستوسين (Pleistocene).

(ب) بيئة الترسبات المائية (Aqueous)

ونعني بها بيئة ترسبات الكتل المائية المتواجدة داخل القارات وتشمل:

I ـ بيئة الترسبات النهرية (Fluvial)

إن بيئة الترسبات النهرية تضم الترسبات التي تحدث في مجرى النهر من منبعه حتى مصبه وكذلك ترسبات سهوله الفيضية.. إن العوامل التي تلعب دوراً رئيسياً في تحديد الترسبات هي طاقة النهر الحركية أما العوامل الأخرى التي تؤثر على الترسبات النهرية فهي ميل النهر (أي درجة انحداره) والشكل العام له وكذلك ضفافه.. أما المواد التي تترسب فيه فهي تتدرج من الجلاميد (Boulders) حتى الطين (Clay). والمواد الخشنة تكون عادة في الأجزاء العلوية من النهر، بينما

تزداد المواد الرسوبية الدقيقة في أجزائه السفلى وفي سهوله الفيضية. والمواد العضوية تلعب دوراً مختلفاً في الترسبات النهرية وخاصة في التأثير على ترسبات المواد الفيضية الدقيقة.

II ـ بيئة بحيرية (بحيرات) (Lacustrine)

إن بيئة البحيرات تشمل على أجزاء ترسيبية متباينة جداً.. لكنها تمتاز بأعماقها الضحلة وأمواجها الصغيرة وتياراتها الضعيفة وأعمارها قصيرة مقارنة بالمحيطات. والبحيرات ليس فيها ظاهرة المد والجزر والتغير في مستواها موسمي بدلاً من أن يكون يومياً. أن حدود بيئة الترسيب في البحيرات تشمل حجمها، شكلها، عمق مياهها، والطاقة الرئيسية المؤثرة على ترسباتها هي الطاقة الحرارية والطاقة الكيميائية عدا البحيرات الكبيرة حيث يكون لأمواجها طاقة ميكانيكية تؤثر على خلجانها... والمواد المترسبة هي المواد الفتاتية التي تتراوح بين المواد الخشنة والمواد الدقيقة. وفي بعض البحيرات فإن محتوياتها من الأملاح الذائبة والغازات تؤثر بشكل كبير على ترسباتها. والعوامل البيولوجية تختلف في أهميتها فقد يسود تأثيرها على الترسيب موضعياً خاصة في الأعماق الضحلة والمحصورة من البحيرات وفي أجزاء من البحيرات، قد لا يكون لها أي تأثير يذكر.

إن ترسبات البحيرات تتأثر بشكل كبير بحجم البحيرة نفسها فالبحيرات الصغيرة قرب الأنهار قد يظهر فيها التغير في الرسوبيات من الترسبات الفيضية إلى ترسبات المستنقعات. وفي معظم البحيرات الصغيرة تترسب المواد الفتاتية الدقيقة في أعماقها وبشكل مستوٍ كما أن الأجزاء الساحلية منها تسود فيها الترسبات الرملية التي تكون بشكل طولي على امتداد الساحل.

III ـ بيئة الأهوار والمستنقعات (Swamp, Marshes)

إن المستنقعات (أرض سبخة) والأهوار هي كتل مائية ساكنة وضحلة، وقد تكون أرضاً رطبة منخفضة تعيش فيها كميات كبيرة من النباتات.. ومياه المستنقعات والأهوار قد تكون بحرية أو قد تكون مزيجاً من المياه البحرية ومياه النهر «مويلح» (Brackish) أو قد تكون عذبة.. وتنمو في هذه المستنقعات أنواع

مختلفة من النباتات حسب مياهها وموقعها من خط الاستواء وأهوار جنوب العراق مثلاً يكثر القصب والبردي.

إن ما يحدد ظروف الترسيب في المستنقعات هو شكلها العام وطولها وأعماقها. إن الطاقة الرئيسية فيها هي الطاقة الحرارية أو الكيميائية بدلاً من الطاقة الحركية (الميكانيكية). والمواد التي تتواجد في هذه البيئة هي الطمي أو السلت (Silt) والطين التي قد يحملها النهر إلى داخل المستنقعات وكذلك الأملاح والغازات الذائبة في الماء. وبسبب سكون هذه المياه لفترة طويلة فإنها خالية من الأوكسجين (Anaerobic).

إن العوامل البيولوجية تلعب دوراً أساسياً في التأثير على هذه الترسبات حيث أن معظم الترسبات هي بقايا النباتات التي تعيش فيها. والترسبات قد تتغير من ترسبات عضوية 100% كالترسبات الفحمية (Peat) إلى مزيج من المواد العضوية والفتاتية إلى حالات تسود فيها المواد الفتاتية فقط.

IV ـ بيئة الكهوف (Cave, Spelean)

تتكون داخل بعض الكهوف ترسبات من محاليل المياه الجوفية... فتلك المحاليل المشبعة بالبيكربونات قد ترسب كربونات الكالسيوم عند ارتفاع درجة حرارة المحلول أو انخفاض الضغط الواقع عليه نتيجة خروجه من أعماق الأرض وملامسته للهواء. ويتكوَّن ما يسمى «الهوابط» «ستلكتايت» (Stalactite) نتيجة خروج المياه بشكل قطرات من سقوف الكهف أو «الصواعد» «ستلكمايت» (Stalagmite) وهي الرواسب المتكونة في قاع الكهف نتيجة لسقوط قطرات المياه على أرضية الكهف وتبخرها. وقد تلتحم الهوابط بالصواعد مكونة أعمدة ذات ألوان جميلة وأشكال حلقية أو غيرها.

2 ـ بيئة الترسيب الانتقالية (Transitional Environment)

هناك ثلاث بيئات ترسيبية اعتبرت انتقالية وهي:

1 ـ بيئة الدلتا (Delta)

2 ـ بيئة البحيرات الساحلية ـ اللاغون ـ (Lagoon).

3 ـ البيئة الساحلية ـ منطقة المد والجزر (Littoral)

1 ـ بيئة الدلتا

إن منطقة الدلتا تغذيها رواسب الأنهار من جهة ورواسب تيارات البحر أو البحيرات من جهة أخرى. وتنمو منطقة الدلتا (نتيجة لانحسار البحر عنها تدريجياً) وذلك إذا كانت كميات الترسبات التي ينقلها النهر أكثر مما تتمكن التيارات والأمواج البحرية من بعثرتها ومثالها دلتا النيل. وإن بيئة الترسيب في منطقة الدلتا وكذلك طبيعة المصادر التي تؤدي إلى الترسبات هي مزيج من عدة عوامل. وتشمل الترسبات الفيضية (النهرية) وترسب البحيرات وترسبات المستنقعات وساحل البحر والترسبات التي تنقلها الرياح إلى تلك المنطقة. وهذا الخليط من عوامل الترسيب يجعل من المفضل جمعها تحت عنوان واحد هو الدلتا وبذلك تتحدد في دراستنا بموقع تلك الرسوبيات. إن الظروف التي تحدد بيئة الترسيب في منطقة الدلتا تشمل نظام الأنهار والطوبوغرافية العامة للمنطقة وطبيعة ساحل البحر... وإن الطاقة المؤثرة في الترسبات هي طاقة ميكانيكية (حركية) وتضمّ الطاقة الحركية للنهر والأمواج والتيارات البحرية وحتى الرياح.

إن المواد المترسبة هي المواد الفتاتية الخشنة والدقيقة إضافة إلى ترسبات رملية وعضوية.. كما إن الأملاح الذائبة في المناطق القريبة من البحر تؤثر على نوع الترسبات.. أما تأثير العوامل البيولوجية فقد يكون ذا أهمية موضعية كالحالات التي يتكون فيها حاجز (حيد) (Reef) من أصداف المحار الذي يؤدي إلى تكون اللاغون (Lagoon) وكذلك الترسبات العضوية في الأهوار المحصورة.

(ب) بيئة البحيرات الساحلية ـ اللاغون ـ (Lagoonal Environment)

إن اللاغون هو عبارة عن كتلة من الماء الهادىء نسبياً والمعزول عن البحر بواسطة حاجز. وهذه الحواجز تمنع تيارات البحر من دخول المستنقع أو تقلل من تأثيرها ويستلم الماء العذب من النهر والماء المالح من البحر بواسطة تيارات

المد. وهذه الظروف تجعل مياه المستنقع متدرجة من المياه المالحة قرب مداخل الحاجز إلى مياه مختلطة في الوسط ومياه عذبة قرب مصبات الأنهار. إن العوامل التي تحدد بيئة الترسيب تشمل شكل المستنقع وعمق الماء والحواجز التي تحجب المستنقع عن البحر. أما المواد التي تترسب فهي متغيرة بين المواد الفتاتية التي تجلبها الأنهار والأملاح الذائبة في المياه.. إن الطاقة الرئيسية في هذه الأجواء هي الطاقة الحرارية باستثناء مصبات الأنهار ومناطق المد حيث تكون هناك طاقة حركية مؤثرة على فصل المواد الفتاتية حسب الحجم. أما دور العوامل البيولوجية فهو يشمل على تأثير النباتات المائية والحيوانات التي تعيش في القاع والطافية منها تساهم بتكوين ترسبات كلسية وخاصة في المناطق الهادئة من المستنقع.

(جـ) بيئة الشاطىء (الساحل) (Littoral Environment)

هي المنطقة المحصورة بين حدود المد والجزر والميزة الخاصة لهذه المنطقة هي انها تتعرض للهواء ثم يغطيها الماء خلال دورة المد والجزر المتكررة. إن ساحل البحر يعتبر المنطقة المثالية لهذه البيئة الترسيبية.. وإن معظم السواحل متكونة من ترسبات رملية جلبت بواسطة الأنهار أو بواسطة أمواج البحر التي تكسر حواجز البحر وشواطئه. وعندما تكون منطقة الساحل محمية من تأثير الأمواج كما في الخلجان البحرية ومصبات الأنهار (Estuaries). فقد تتكون منطقة المد والجزر بعرض كبير. وتتكون رسوبياتها بصورة كبيرة من الطفل أما ما يحدد بيئة الترسيب فهو شكل الساحل ومنحدرة. إن المواد المترسبة في هذه المنطقة هي المواد الفتاتية التي تشكل الجانب الرئيسي من الترسبات ويتراوح حجمها بين الجلاميد أو الحصى وتتدرج في الحجم إلى الطين. إن الطاقة الحركية للأمواج والتيارات هي الطاقة الرئيسية في هذه البيئة. وإن العوامل البيولوجية ليست ذات تأثير كبير وذلك لأن طبيعة بيئة منطقة المد والجزر لا تساعد على ازدهار الحياة وذلك بسبب تعرضها اليومي للهواء ثم للتغطية بالماء. إلا أن هناك أنواعاً خاصة من الأحياء يمكن أن توجد فيها وهي بعض الديدان والسرطانات وأنواع من عضديات الأرجل وتكون سبباً في إضافة بعض المواد العضوية إلى رسوبيات المنطقة... إن ترسبات منطقة المد والجزر تماثل تلك التي تتكون في

المستنقعات عدا أن تأثير الأكسدة في بيئة الساحل أكبر من تأثيره في منطقة المستنقعات لأنها تتعرض للهواء بين فترة وأخرى وترسباتها الرئيسية هي مواد طينية دقيقة رمادية اللون أو سوداء مع بعض الترسبات الرملية والحصوية المتواجدة بشكل عدسات.

3 ـ البيئة البحرية (Marine Environment)

لقد عدل التقسيم الكلاسيكي للبيئة البحرية الذي يستند على «أعماق المياه» (Bathymetric) بحيث أدخل عاملا الأحياء الموجودة في البحار وكذلك الظروف الطبيعية في قاع البحر لاحظ الشكل (6 ـ 1) والمناطق الرئيسية فيه ابتداءً من الساحل هي: ـ

(أ) المنطقة الساحلية أو منطقة المد والجزر (Littoral Zone) وهي بيئة انتقالية وقد تطرقنا إليها.

(ب) المنطقة النريتية أو الضحلة (Neritic Zone) ويشار إليها أيضاً باسم المنطقة «تحت الساحلية» (Sublittoral Zone) أي المنطقة التي تلي المنطقة الساحلية، وتمتد من منطقة الجزر وإلى عمق 600 قدم (حوالي 180م)[1].

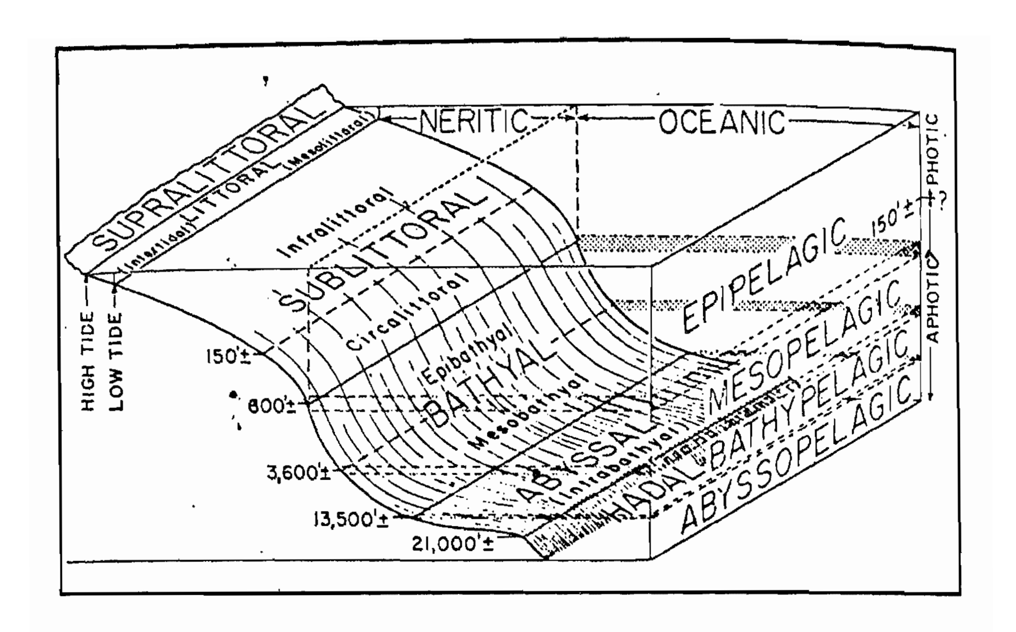
(جـ) منطقة باثيال (الأعماق) (Bathyal) وتنحصر بين أعماق 600 قدم وإلى 13,500 قدم (من حوالي 180 ـ 4,000م).

(د) منطقة ابيسال (الأعماق الكبيرة) (Abyssal) وتشمل المنطقة ما بين الأعماق 13,500 قدم وإلى 21,000 قدم (من حوالي 4,000 ـ 6,300م).

(هـ) منطقة هدال (الأعماق السحيقة) (Hadal) وهي تمثل أعماق البحار التي تلي الأعماق 21,000 قدم (6,300م) وسوف نتطرق إلى هذه المناطق بشيء من التفصيل.

---

(1) المتر يساوي 3,28 قدماً.



شكل (6 ـ 1)
البيئة البحرية وتقسيماتها

(المصدر Krumbein & Sloss, 1963).

البيئة النريتية (Neritic) أو ما بعد الشاطىء (Sublittoral)

تنحصر هذه المنطقة ما بين منطقة الجزر (Low Tide) إلى عمق 600 قدم (حوالي 180م) وتشمل منطقة الرصيف القاري (Contintal Shelf)... وقد قسمت إلى منطقتين ثانويتين الأولى هي المنطقة التي تلي الشاطىء مباشرة (Infralittoral)[1] وتمتد من الجزر إلى عمق 150 قدماً.

والثانية هي المنطقة القريبة أو المجاورة للشاطىء (Circalittoral)[2] وتشمل الأعماق من 150 قدماً وإلى 600 قدم.

لقد اعتمد العمق 150 قدماً كحد للفصل بين المنطقتين الثانويتين لأنه يمثل العمق الذي تخترقه أشعة الشمس عادة لذا فقد أطلق على كتلة المياه من سطح

---

(1) المقطع Infra لاتيني ويعني تحت. أو ضمن.
(2) المقطع Circa لاتيني ويعني حوالي أو تقريباً.

البحر إلى عمق 150 قدماً مصطلح نطاق ضوئي (Photic) (لاحظ الجانب الأيمن من الشكل (6 ـ 1))[1].

والمنطقة التي تليها سميت غير ضوئية (خالية من الضياء) (Aphotic) أو خالية من ضياء الشمس.

العوامل المؤثرة على البيئة هنا تعتمد على عمق المياه وتوفر المواد الفتاتية وهي تختلف حسب البعد والقرب من الساحل.

إن المواد المترسبة معظمها فتاتية.. والطاقة المؤثرة هي طاقة حركية بالدرجة الأولى وتشمل حركة الأمواج والتيارات.. وإن تأثير العوامل البايولوجية ضعيف في المناطق الضحلة بسبب قوة حركة المياه.

وكلما ابتعدنا عن الساحل وصلنا إلى المنطقة الخارجية أو المجاورة للساحل (Cicalittoral) والعوامل المؤثرة هي زيادة عمق المياه.. والطاقة الرئيسية هي الحرارية والمواد المترسبة أدق من المنطقة السابقة وتحوي على فتات أقل وتأثير العوامل العضوية في الترسيب يزداد... إن الأملاح والغازات المذابة في مياه البحر ودرجة اختراق أشعة الشمس للمياه هي عوامل مؤثرة في طبيعة وتوزيع الأحياء.

وبصورة عامة فإن البيئة تحت الساحلية هي أهم بيئة من ناحية التحليل الطباقي.

ولقد قدر أحد الباحثين أن الرسوبيات في هذه المنطقة (أي التي أعماقها أقل من 600 قدم) تُكوّن حوالي 80% من رسوبيات العمود الجيولوجي.

بيئة الأعماق (Bathyal)

وتمتد من عمق 600 قدم إلى عمق 13,500 قدم... وتقسم إلى مناطق ثانوية هي: ـ بيئة الأعماق السطحية (Epibathyal) وتمتد من 600 قدم إلى 3,600 قدم.

---

(1) تشير مصادر أخرى إلى أن عمق النطاق الضوئي 200م (حوالي 600 قدم) (Mintz, 1977).

وتشمل معظم المنحدرات الخارجية للرصيف القاري (Continental Shelf) منطقة الأعماق الوسطية (Mesobathyal) وتمتد من 3,600 قدم إلى عمق 13,500 قدم وتشمل الأجزاء الرئيسية من قيعان الأحواض البحرية.

إن الترسبات في هذه المنطقة تشمل مواد رملية دقيقة جداً، الطين، مواد كلسية، كلوكونايت، وترسبات سليكية. وتتدرج هذه الترسبات نحو ترسبات المنطقة الأقل عمقاً وهي ترسبات البيئة النريتية... إلا أن الميزة الرئيسية في الترسبات هي تكون الترسبات السليكية في منطقة الباثيال أو الأعماق.

يمتاز القاع بمياهه الهادئة نسبياً. لذا فإن تأثير الطاقة الحركية قليل جداً عدا الحالات التي يحصل فيها انزلاقات للمواد الرسوبية نحو القاع... والمواد في هذه البيئة هي الأملاح الذائبة في مياه البحر والمواد الدقيقة.

إن للعوامل البيولوجية تأثيراً مهماً على الرسوبيات المتكونة من أصداف الأحياء الطافية... والأحياء التي تعيش في القاع تماثل تلك المتواجدة في قاع المنطقة النريتية... واختراق الضياء محدد في الأعماق والنباتات البحرية قليلة أو معدومة.

بيئة الأعماق الكبيرة (Abyssal)

وتشمل المنطقة التي تمتد من 13,500 قدم إلى 21,000 قدم.

بيئة الأعماق السحيقة (Hadal)

وتمتد من 21,000 قدم إلى أعماق أكبر.

إن الضوء لا يدخل المنطقتين الأخيرتين والضغط فيها عال يزيد على الألفي باوند/إنش المربع الواحد ودرجة الحرارة منخفضة وهي عادة أقل من 5°م.

إن هذه العوامل مجتمعة تؤثر سلبياً وبشكل كبير على الحياة في الأعماق. النباتات البحرية فيها معدومة والحيوانات التي تعيش في القاع تقتات على بقايا الأحياء التي تموت وتسقط في القاع بعد موتها.

إن العامل الرئيسي المحدد للبيئة هو عمق المياه... وتأثير الطاقة الحركية للتيارات قليل جداً في هذه المنطقة... المواد المترسبة في هذه البيئة مصدرها الأملاح الذائبة والمواد الفتاتية الدقيقة التي تسقط من الأعلى فضلاً عن الأجزاء الصلبة الجيرية والسليكية للأحياء الطافية. إن هذه الأجزاء الصلبة تشكل الجزء الرئيسي من الترسبات المتجمعة.

كما يظهر الشكل (6 ـ 1) تقسيمات أخرى وهي ـ ابتداء من المناطق الأقل عمقاً: ـ

(أ) البحرية السطحية (Epipelagic).

(ب) البحرية الوسطية (Mesopelagic).

(جـ) البحرية العميقة (Bathypelagic).

(د) البحرية ذات الأعماق الكبيرة (Abyssopelagic).

إن أصل الكلمة «Pelagic» إغريقي وهو Pelagikos وتعني البحر. وقد استخدمها الجيولوجيون لتعني منطقة البحر المفتوح (Oceanic) وخاصة لتمييز هذه المنطقة عن المناطق الأخرى الأقرب إلى الساحل كالمنطقة النريتية (Neritic)، لاحظ المصطلحات أعلى الشكل (6 ـ 1).

الأدلة على البيئة القديمة

الدليل الصخري (Lithologic Evidence)

إن مدى استعمال هذا الدليل في تحليل البيئة القديمة محدود جداً، فعلى سبيل المثال من الصعب أن نحدد بشكل مؤكد تماماً إذا كانت الصخور الخالية من الأحافير بحرية أو غير بحرية. وفي بعض الحالات فإن منشأ حجر رملي إذا كان مائياً (Aqueous) أو ريحياً (Eolian) يكون مشكوكاً فيه أيضاً. ويمكن أن نكون متأكدين من الدليل الصخري للبيئة حينما يكون الترسيب في طور التكون... لذا فبالرغم من أن الطفل (Shale) يعطي احتمالاً بوجود ماء خابط وقاع ذي طين رخو

فإن تيارات العكر (Turbidity Current) قد تتقطع ومنطقة يسود فيها صفاء الماء قد تتعكر لفترة قصيرة من الزمن وذلك بسبب سقوط أمطار قوية في الأراضي القريبة... أو بتأثير الأمواج الناتجة من رياح قوية بشكل استثنائي.

ترسب الحجر الرملي يعطي احتمالاً بأن المنطقة التي تكوّن فيها كانت ضحلة وإن تأثير التيارات لا بأس به.. إلا أن حبيبات الرمل قد تنقل إلى أعماق كبيرة أيضاً إذا كان الترسيب بطيئاً.

الدليل العضوى (Biologic Evidence)

على الرغم من أن معظم الصخور الرسوبية خالية من المتحجرات فإن النماذج العديدة للمتحجرات توجد بصورة أو بأخرى في العديد من الطبقات البحرية... إن وجود عضديات الأرجل، الجلد شوكيات، المرجان الرأسقدميات على سبيل المثال تعتبر أدلة نموذجية على أن الصخور التي توجد فيها هي صخور بحرية الترسيب وقد تكونت في حوض يتصل بالمحيط.

إن الأحافير غير البحرية أقل تواجداً من البحرية، وإن الأنواع غير البحرية من بعض المجاميع كالمحاريات (Pelecypods) والبطنقدميات (Gastropods) التي عاشت في البيئتين لا يمكن تفريقها بصورة عامة إلا إذا يمكننا من معرفة الأحافير الأخرى المتواجدة معها ونتأكد بأنها غير بحرية. وبالمناسبة فإن عدداً قليلاً من أحافير اللافقريات مفيدة في تشخيص ترسبات غير بحرية.

إن وجود الفقريات (عدا الأسماك والفقريات السابحة الأخرى) دليل جيد على ترسبات غير بحرية (قارية). وإن أحافير النباتات التي تعيش على الأرض ليست أدلة جيدة على أن الترسبات التي توجد معها غير بحرية لأن بعض الجذور وقطع الخشب والفحم والسبورات قد تنقل إلى مسافات بعيدة من الأرض وتترسب مع بيئات أخرى غير برية، وهناك أدلة عديدة على وجود نماذج من الأصداف التي ذكرت أعلاه مع حجر جيري بحري...

وإن اللافقريات التي تعيش في مياه مختلطة أو مياه عذبة هي أكثر صعوبة في التشخيص. كما أن هناك مجاميع من الأحياء تعيش في مياه عذبة ومياه مختلطة أيضاً.

إن العديد من النواعم (Mollusc) التي عاشت في الترشري ذات علاقة قوية بمثيلاتها التي تعيش حالياً لذا فبالإمكان تحليل البيئة استناداً إلى ذلك التشابه ولكن الصعوبة تبرز مع الأحياء التي عاشت في بيئات جيولوجية أقدم.

إن انتقال المجاميع الحيوانية من بيئة بحرية نموذجية إلى بيئة ذات ملوحة عالية تتميز عادة بانخفاض كبير في عدد الأنواع. وبدون ظهور أنواع مختلفة لتحل محل السابقة كما أن النمو غير الطبيعي لبعض الأنواع البحرية قد يعطي الدليل على بداية الانتقال من بيئة بحرية اعتيادية إلى بيئة ذات ملوحة عالية. رغم ذلك فإن هناك أمثلة على عدم التأكد من تحليل بيئة أحافير. والمثال على ذلك حواجز المرجان في الباليوزوي... حيث إن هذه الحواجز متواجدة بكثرة في بعض تكاوين السليوري وتمتد إلى مناطق شمالية بعيدة.

وعدّ وجودها في هذه المناطق دليلاً على أن الظروف كانت شبه مدارية (Subtropical) على أساس الافتراض بأن توزيع المرجان في تلك الفترة كان محدداً بدرجات حرارة دنيا مقارنة بتلك التي تؤشر الحدود الشمالية للحواجز المعاصرة... كما أن هناك أسباباً أخرى جديدة تجعل الجيولوجيين يعتقدون بأن المناخ في الباليوزوي كان معتدلاً عموماً ومتجانساً مقارنة بمناخنا الحالي ومع ذلك فإن إجراء المقارنة بين المرجان بشكل متقارب بين الحالتين (الباليوزوي والحالي) ليس مضموناً. فمرجان الباليوزوي الذي بنى الحواجز يختلف تماماً عن المرجان الحالي بصفاته التركيبية، وعلماء المتحجرات يصنفونها بشكل مختلف تماماً وهناك مجاميع ترتبط بها بصورة بعيدة... بالإضافة إلى ذلك فإن بعض المرجان ينمو حالياً وبغزارة في مياه باردة وعميقة وبعض الأنواع القديمة من المرجان يمكن أن تكون قد عاشت في بيئة مماثلة.

إن الأحياء القاعية (Benthonic) تعطي أفضل المعلومات المتعلقة ببيئات الترسيب وهي تقسم إلى مجموعتين:

1 ـ اللاطئة (Sessile) وغير القادرة على الحركة التي اختارت وجودها جالسة فوق القاع أو ملتصقة به مثل عضديات الأرجل، الطحلبيات، المرجان، الزنبقيات.

2 ـ المخلوقات التي تتحرك فوق القاع (جوالة) (Vagrant) التي قد تزحف فوق القاع أو تحفر القاع بحثاً عن الطعام أو الحماية مثل الحلزون[1]، الجلد شوكيات. الترايلوبيت والعديد من الرخويات.

من المعلوم أن وجود أحافير الأحياء السابحة (Nektonic) أو الطافية (Planktonic) يعطي معلومات قليلة على ظروف الترسيب في القاع ولكنها مفيدة في مضاهاة بين المقاطع المتباعدة.

إن كل نوع من أنواع الأحياء يفضل بيئة معينة ومحددة. إن بيئة أنواع الأحافير غير معروفة بشكل دقيق ولكن من الممكن أن نضع هذه الأنواع في ظروف عامة بها وذلك استناداً إلى ملاحظة الصخور والمجاميع الحياتية التي تعيش معها وكذلك مقارنتها بالأحياء المتواجدة حالياً... وهذه الحالات العامة مهمة في تحديد البيئات القديمة.

النباتات الأرضية

معظم النباتات تمتلك جذوراً، وسوقاً وأوراقاً وهذه النباتات هي فقط التي تحفظ كأحافير بكميات كبيرة وبشكل واضح، وما عدا بعض الاستثناءات فإنها تمثل بيئة أرضية أو ترسبات مياه عذبة. وإذا لوحظت تفصيلات البنية الخلوية فيها (Cellular Structures) فإنها تعطي معلومات عن بعض مظاهر المناخ فيما إذا كان جافاً أو رطباً، أو كانت درجات الحرارة متقاربة أو أنها ذات مواسم متطرفة الحرارة والبرودة.

الفواكه والأجزاء التكاثرية تعطي معلومات عن البيئة وذلك لأن السبورات تحتاج إلى رطوبة عالية ولكن البذور يمكن أن تنبت في مواضع جافة نسبياً. معظم النباتات التي حفظت تمت في أراضٍ منخفضة.

---

(1) الحلزون (Snail) ـ أي من أشكال البطنقدميات.. والعبارة Snail تطلق عادة على الأشكال القارية (Terresterial) والتي لها قوقعة حلزونية الشكل.

النباتات الطافية

جميع النباتات التي تعيش في المحيطات هي طافية أو معلقة ومعظمها مجهرية (ميكرسكوبية) وما عدا الدايتوم فإن قليل منها ممكن أن يصبح متحجّراً، وهي منتشرة في المياه العذبة والمالحة ولا تلاحظ أحافيرها عادة ما عدا في المحلات التي تكون الترسبات الفتاتية فيها بطيئة جداً وبقاياها تجمعت بأعداد هائلة. هذه الأحافير ليست ذات أهيمة في تعيين طبيعة بيئية الترسيب عدا أنه من المحتمل أن يكون بطيئاً.

الطحالب الكلسية

هذه النباتات القاعية تحتاج إلى مياه صافية نسبياً، ضحلة يصلها النور بشكل كبير، وهي مهمة كعناصر منتجة لكربونات الكالسيوم وكعوامل تساعد في شد وتماسك المواد الكلسية كما في حالة الحاجز العضوي. وقد وجدت في صخور تعود في قدمها إلى ما قبل الكامبري.

إن متحجرات النباتات لا تشير إلى أهمية طباقية كبيرة ولا يمكن الاعتماد عليها بصورة عامة في تحديد الأعمار الجيولوجية الحاوية عليها عدا تلك التي انتشرت بصورة كبيرة في العصر الكربوني وأهمية النباتات تكمن في تشكيل الصخور الفحمية والصخور الكربوناتية. والصخور السليسية.

وقد ظهر علم جديد في بداية القرن العشرين هو الپالينولوجي (Palynology) ويُعد الآن أحد الفروع الهامة من علم المتحجرات الدقيقة.

يختص هذا الفرع بدراسة حبات الطلع (Pollens) والأبواغ (اللقاح) (Spores) وهذه تعطي معلومات قيمة عن توزيع النباتات وأنواعها المختلفة خلال الفترة التي تواجدت فيها كما تعطينا فكرة عن المناخ السائد.

وقد طبقت في البداية صخور الدور الرابع (الكواترنري) ثم توسع استخدامها لتشمل صخور العمود الطباقي من الپاليوزوي وحتى الحاضر (Recent).

الفورامنيفرا (المنخربات) (Foraminifera):

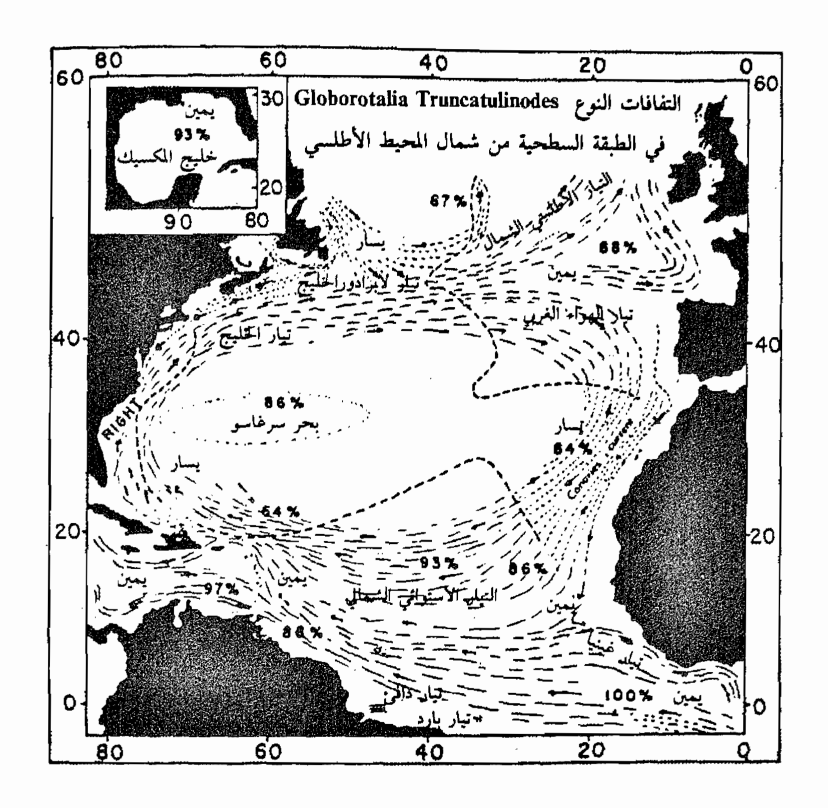
تتواجد في كافة أنواع البيئة المائية ـ البحرية، المختلطة والعذبة. وهي توجد حالياً في مياه البحر في الأعماق الضحلة مثبتة على القاع أو حرة متنقلة فوقه أو معلقة في مياه البحار والمحيطات. . . وهي أكثر أحادية الخلية (Protozoa) التي لوحظت كمتحجرات. ومعظم الأنواع القاعية منها محصورة في أنطقة محددة تتأثر بالحرارة والملوحة ونوعية القاع. . ونظراً لتأثرها بعوامل البيئة المختلفة فإن الفورامنيفرا تعتبر من المتحجرات المهمة في تحديد البيئة القديمة. .

إن معرفة توزيع الأنواع الحديثة يمكن الاستفادة منها في تحليل بيئات الترشري. . . والأنواع الكبيرة منها توجد في بيئة بحرية ضحلة في المناطق الاستوائية، وهناك أجناس طافية مثل جنس الكلوبوروتاليا (Globorotalia) وهي منتشرة بصورة كبيرة. وقد تمكن العلماء من ملاحظة طريقة التفاف صدفة نوع يعود لهذا الجنس في المحيط الأطلسي حالياً وقد أدى ذلك إلى تشخيص نوعين من الالتفاف كل طريقة التفاف متحددة (محصورة) ببيئة معينة لاحظ الشكل (6 ـ 2).

تعتبر الفورامينفرا من أهم المتحجرات المستعملة في علم الطبقات نظراً لانتشارها الواسع في صخور العمود الجيولوجي. . . فهي تمتد من الكامبري الأسفل حتى الآن. وقد وجدت نماذج كبيرة منها في العصر البنسلفاني والبرمي فمتحجرات الفيوسلينيد (Fusulinids) تعتبر من أهم المتحجرات المرشدة لصخور هذين العصريين. وكان لها انتشار واسع آخر في الكريتاسي والسينوزوي. . وقد شكلت أصدافها المكونات الرئيسية لبعض الصخور الجيرية.

الشعاعيات (Radiolaria)

تنسب الشعاعيات إلى تحت شعبة شعاعيات الأرجل (Rhizopoda)، وهي كائنات بحرية تتوزع في جميع البحار إلا أن غالبيتها تعيش في البحار الدافئة بينما تنوع أشكالها محدود في البحار الباردة. وتعيش في سطح البحر إلى عمق 300م والبعض منها يعيش في مياه أكثر عمقاً من ذلك. . .



شكل (6 ـ 2)

مناطق معيشة النوع Globorotalia Truncatulinoides في المحيط الأطلسي محددة بتوزيع القشرة اليمينية اللفَّة واليسارية اللفَّة. . والتيارات الدافئة ممثلة منطقتها بالخطوط المقطعة والتيارات الباردة ممثلة منطقتها بالنقاط.

(المصدر Treatise Part C, 1964)

تسقط هياكلها بعد موتها إلى قاع البحر مشكلة طيناً غنياً بهذه الهياكل ويطلق على هذا الطين تسمية رزغ راديولاري (Radiolarian Ooze) وتتواجد هذه الهياكل في أعماق تتراوح ما بين 2,300 ـ 4,500 قامة[1]. . . عرفت هياكل الشعاعيات منذ الكامبري حتى الآن. . . ويعتقد بعض الجيولوجيين بأنها كانت متواجدة في فترة ما قبل الكامبري وهياكلها تشكل في بعض الأحيان القسم الأكبر من الصخور

---

(1) القامة وحدة أعماق وتساوي 6 أقدام.

السليكية كالكوراتزايت. ونظراً لمداها الجيولوجي الكبير وحجمها الدقيق وسهولة تكسر هيكلها من الصعب استخدامها كأداة مهمة في المضاهاة. عدا بعض منها فله امتداد جيولوجي محدود.

الإسفنجيات (Sponges)

تعيش أغلبية الإسفنجيات حالياً مثبتة على قيعان البحار الضحلة الواقعة في المناطق المدارية والمعتدلة والباردة، والإسفنجيات ذات الهياكل السليكية تعيش على قيعان تتراوح أعماقها بين 500 ـ 1000م.

وهناك فصيلة واحدة منها تعيش في المياه العذبة كالبرك والبحيرات وهي تفضل القيعان الصخرية غير ان بعضها يثبت نفسه بجذور خاصة على القيعان الطينية الرخوة.

كما إنها تحتاج في حياتها إلى مياه هادئة غير مضطربة لأن المياه العكرة تغلق فتحاتها المغذّية.

عثر على أشواك الإسفنجيات في معظم الصخور الرسوبية اعتباراً من فترة ما قبل الكامبري. . وهي قد تكون بكميات كبيرة لتشكل صخوراً سليكية. . . أما الإسفنجيات الكلسية فقد وجدت اعتباراً من العصر الديفوني وتكثر هذه المجموعة في بعض طبقات الجوراسي والكريتاسي والباليوجين. وهي ما زالت ممثلة في البحار الحالية.

شعبة معويات الجوف (Coelenterata)

حيوانات لا فقرية مائية تعيش أغلبيتها في البحار عدا بعض الأنواع التي تعيش في المياه العذبة مثل حيوان الهايدرا وأكثريتها تنمو بشكل مستعمرات وقلة منها تنمو منفردة. . وهي أما مثبتة على قعر البحر. وإما حرة معلقة وإما سابحة.

وهي تمتد من الكامبري إلى العصر الحديث. . . وسوف نتطرق إلى بعض صفوف ورتب هذه الشعبة: ـ

صف الهايدروزوا (Class Hydrozoa) تعيش بشكل مستعمرات ولها هيكل كلسي ومداها من الكامبري إلى العصر الحديث.

رتبة ميلبورانيا (Order Milleporina) وهي من الهايدروزوا البانية للصخور ومتحجراتها معروفة من الكريتاسي إلى العصر الحديث وهي تعيش حالياً في البحار الضحلة الدافئة...

صنف الأنثوزوا (الزهرية) (Anthozoa)... افرادها جميعاً بحرية ومتحجراتها معروفة من الأوردوفيشي إلى العصر الحديث. ومنها تحت صف السيوناريا (Alcyonaria) (المرجان الثماني) وهذا المرجان معروف من العصر الترياسي ـ الحديث... وتحت صنف زوانثاريا (Zoantharia) وهي تضم معظم حيوانات المرجان وأهمها... وجميع نماذج المرجان بحرية وهي معروفة من أعماق مختلفة إلا أن معظمها يعيش في بحار ضحلة لا يزيد عمقها عن 180م. وصافية ودافئة تتراوح حرارتها ما بين 18°م ـ 30°م لذا فهي تعتبر من دلائل البيئة القديمة المهمة... وتنتمي إلى هذه المحموعة رتبة روكوزا ـ المرجان الرباعي ـ ومدى هذه الرتبة من العصر الأوردوفيشي إلى البرمي وكانت قمة انتشارها خلال السيلوري والديفوني الأوسط، وكذلك خلال الكربوني الأسفل والأوسط.. ورتبة سكليركتينيا (Scleractinia) ـ المرجان السداسي ـ وتضم هذه الرتبة معظم المرجان المسيوزوي والسينوزوي ومداها من الترياسي إلى العصر الحديث.

رتبة الصفائحيات (Tabulata). من المرجانيات المنقرضة التي اقتصر وجودها بصورة رئيسية على دهر الباليوزوي وهي تضم عدداً من المتحجرات المرشدة المهمة.. ومداها من العصر الأوردوفيشي إلى العصر البرمي ووصلت قمة تطورها خلال السيلوري والديفوني.

الستروماتوبورويد (Stromatoporoids)

وهي أحافير لاحياء انقرضت وتمتد من الكامبري إلى الكريتاسي وقمة انتشارها خلال العصر السليوري والديفوني، وكانت مهمة في بناء بعض الحواجز العضوية. ويظهر من دراسة نماذجها وبيئتها أنها عاشت في البيئة المماثلة لبيئة

مستعمرات المرجان والطحالب الجيرية... وبيئة الستروماتوبورويد هي المياه الصافية نسبياً والضحلة.

الطحلبيات (Bryozoans)

هي حيوانات تعيش ثابتة وبشكل مستعمرات، ومعظم التي لها هيكل صلب هي بحرية. وهي تبني مستعمراتها على أجسام صلبة في قاع البحر، أو على حيوانات أخرى أو على الحشائش.. ومعظم أحافيرها توجد في الطفل الجيري أو الحجر الجيري... وقد لوحظ أن تواجد الطحالب في العصر الباليوزوي يكون عادة مع عضديات الأرجل... والطحلبيات تفضل المياه الضحلة التي فيها كميات كافية من الأوكسجين.

توجد في العديد من التشكيلات الجيولوجية ابتداءً من العصر الاوردوفيشي وهي كثيرة في هذا العصر مما دفع الجيولوجيين إلى الاعتقاد بوجود أسلاف لها تعود إلى أواخر الكامبري... فقد عثر على بقاياها بكميات كبيرة في الأوردوفيشي الأوسط والأعلى وهذه البقايا تعود إلى جميع الرتب ما عدا رتبة كيلوستوماتا (Cheilostomata) التي ظهرت في الجوارسي وانتشرت خلال عصر الكريتاسي والدهر الحديث...

إن صعوبة دراستها التي تحتاج إلى عمل مقاطع رقيقة من عيناتها قلل من أهميتها الطباقية عدا بعض الأجناس المنقرضة فقد كان لها عمر محدود وتوزيع جغرافي كبير وبذا فهي تعتبر من المتحجرات المرشدة...

عضديات الأرجل (Brachiopods)

هذه الحيوانات ثنائية الصدفة وهي أهم المتحجرات التي وجدت في صخور الباليوزوي. وقد أعقبتها في الأهمية بعد ذلك الزمن الرخويات (Mollusca).

كانت عضديات الأرجل مقتصرة على البيئة البحرية ومعظمها كانت ثابتة تعيش على قاع البحر أو ملتصقة به أو ببعض الأجسام الصلبة أو بالحشائش. ولكن البعض منها مثل جنس (Lingula) إما دفنت في القاع الطيني وإما تحوّر

العنق (Pedicle) فيها إلى عضو حركة فتحركت ببطء فوق السطح.

وتأقلمت أنواع مختلفة منها العيش في بيئات مختلفة ونادراً ما نجد صخوراً تعود إلى الباليوزوي دون نماذج من هذه المجموعة، فمعظم عضديات الأرجل عاشت في مياه صافية حيث القاع قوي وثابت وأحافيرها أكثر تواجداً في الحجر الجيري والطفل الكلسي.

عثر على هياكلها منذ أقدم العصور الجيولوجية (الكامبري الأسفل) غير أنها انتشرت بصورة خاصة في الدهرين الپاليوزوي والميسوزوي انتشاراً كبيراً وهي لا زالت ممثلة بنحو 200 نوع أما أشكالها المتحجرة فتبلغ حوالي 30 ألف نوع...

إن وجود عدد كبير من أنواعها في الكامبري الأسفل وتعقد بنيتها خلال تلك الفترة دفع الجيولوجيين إلى الاعتقاد بأن ظهورها كان بلا شك قبل الكامبري.

الرخويات (Mollusca)

الرخويات كلها مائية تقريباً وتعيش أغلبها في البحار، وبعضها يعيش في المياه العذبة، أو على اليابسة حيث تكيفت لتنفس الهواء الجوي. وغالبية الأشكال المائية قاعية، تعيش على قاع البحر زاحفة أو مثبتة أو داخل مساكن تحفرها في الرسوبيات، وقد توجد بعض الأشكال سابحة.

وجدت متحجراتها منذ الدهر الباليوزوي وامتد وجودها إلى الوقت الحاضر... وكثير منها يعتبر من المتحجرات المرشدة الجيدة.

البطنقدميات (القواقع) (Gastropod)[1]

هي أحياء تعيش على اليابسة والمياه العذبة والمالحة ومعظمها نشطة رغم أنها تتحرك ببطء بواسطة ما يسمى قدمها.

ومعظم الأنواع البحرية منها تعيش على القاع أو بين الحشائش ولكن بعضها يحفر في القاع غير المتماسك وقسم منها يعيش سابحاً.

---

(1) وتسمى أحياناً «معديات الأرجل».

بعضها يقتات الأحياء الميتة والقليل منها يعيش على الأحياء الأخرى حيث تهاجمها وتفترسها. تشغل القواقع عدة بيئات بحرية ولكن معظمها يفضل المياه الدافئة الضحلة الغنية بالنباتات. وتعيش الأنواع غير البحرية منها في الأنهار والمستنقعات والبحيرات... والأشكال التي تعيش على اليابسة تتواجد في المناطق الرطبة المظللة في المناطق الاستوائية والمعتدلة.

التاريخ الجيولوجي

تمتد من الكامبري الأسفل وحتى الوقت الحاضر وقد كانت محدودة الانتشار خلال العصر الكامبري.. وازداد انتشارها منذ بداية الأوردوفيشي... ووصل أقصى انتشار لها خلال الدهر السنيوزوي مما جعل لها أهمية طباقية حياتية خلال تلك الفترة... كانت في الأصل جميعها بحرية ولكن قسماً منها تكيف خلال الميسوزوي والسينوزوي بصورة خاصة للعيش في المياه العذبة وفي الهواء...

الرأسقدميات (Cephalopoda)

إنها أكثر النواعم (الرخويات) (Mollusca) نشاطاً وتنظيماً... وجميعها بحرية وهي تقتات بصورة رئيسية على الحيوانات الأخرى (مفترسة) (Carnivorous) وبإمكانها السباحة. ومعظم الرأسقدميات ذات الصدفة التي وجدت كأحافير فمن المحتمل أنها عاشت في القاع وتأقلمت أنواع مختلفة منها على المعيشة في مختلف ظروف القاع. ومن المؤكد أن البعض منها كان يعيش سابحاً في الماء لأن هيكلها الصلب وجد مع ترسبات الطفل الأسود وهو كما أشرنا دليل على عدم ملائمة القاع لمعيشة الأحياء.. وبعض أصداف الرأسقدميات الفارغة بقت طافية لمسافات بعيدة من مواقع معيشتها ودفنت، ولهذا السبب ولقابليتها للسباحة فإن أحافيرها ذات دلالة ضعيفة على بيئات المعيشة مقارنة بالأحياء الأخرى.

تنتشر في البحار الحالية إلا أنها كانت أكثر انتشاراً في الماضي الجيولوجي.

ظهرت في الباليوزوي (الكامبري الأعلى) وبلغت أوج انتشارها في الميسوزوي... وتعتبر من أهم المتحجرات المرشدة في الدهرين الباليوزوي والميسوزوي.

المحاريات (Pelecoypods)

تعيش في المياه العذبة والمالحة ومعظمها أحياء تعيش حرة، والعديد منها يعيش بأن يدفن نفسه في ترسبات القاع الطيني أو يحرث خلالها بواسطة ما يسمى «قدمها». وهي تعيش في بيئات مختلفة وهي ممثلة بكثرة في المياه الضحلة الخابطة حيث لا تعيش في هذه البيئة أحياء أخرى. والقليل منها قد يعيش سابحاً لمسافة قصيرة والبعض الآخر يعيش ملتصقاً بالصخور أو أية أجسام أخرى يمكن الالتصاق بها.. وتعيش المحاريات من النوع الأخير بأعداد كبيرة جداً مع بعضها بشكل مجموعة... ومن أمثالها في العراق الرودست (Rudist) وهي من المحاريات الملتصقة التي توجد بأعداد كبيرة في تكوين عقرة الجيري (الكريتاسي الأعلى).

تمتد المحاريات من أوائل الكامبري الأوسط وحتى الوقت الحاضر.

في بداية العصر الأوردوفيشي بدأت المحاريات بالانتشار، وفي السيلوري ظهرت مجموعة «غير متجانسة».. وفي الديفوني ظهرت تلك التي تعيش في المياه العذبة.

في الميسوزوي والسينوزوي زاد انتشار المحاريات وقسم منها أصبحت متحجرات مرشدة مثل مجموعة أوستراسيا (Ostracea) التي كانت لها أهمية خلال العصرين الجوارسي والكريتاسي..

في العصر الكريتاسي برز جنس اينوسرامس (Inoceramus) وكذلك مجموعة الرودست التي ذكرناها ـ وهي ذات أهمية طباقية حياتية..

استمر انتشارها في الترشري وكانت من الأحياء القاعية المهمة في تلك الفترة.

ثلاثية الفصوص (الترايلوبيت) (Trilobite)

الترايلوبيت حيوانات بحرية انقرضت في نهاية الباليوزوي معظمها كانت أحياء تعيش في القاع إما زاحفة فوقه أو في حُفَرٍ طمرت نفسها فيها في أعماق قليلة في قاع البحر. . . ومن المحتمل أنها كانت قادرة على السباحة أيضاً ولكن لمسافات قصيرة جداً قرب القاع، ومن المحتمل أن معظمها كان يقتات على الحيوانات الميتة.

وجدت الترايلوبيت في ترسبات دقيقة تجمع معظمها في مياه هادئة. . وبعض الأنواع تأقلمت على ظروف المياه القوية فوق الحواجز العضوية أو بالقرب منها. . . وتمتاز الترايلوبيت أنها في نموها تلقي بالقشرة الصلبة بعد كل مرحلة من مراحل النمو وهو ما يسمى الانسلاخ (Molting or Ecdysis). والعديد من هذه الأجزاء الصلبة تحجرت لذا فإن أحافيرها تتواجد بأعداد أكثر من أعداد أفرادها الحقيقية.

ظهرت في بداية الكامبري وانقرضت في نهاية البرمي. وقد حيّر ظهورها المفاجئ في بداية الكامبري قد حير العلماء مما جعلهم يميلون إلى الاعتقاد بأنها تطورت من أسلاف عاشت قبل الكامبري ولكنها لم تترك آثارها بشكل متحجرات.

تعتبر من المتحجرات المرشدة نظراً لتنوع أشكال أفرادها وتوزعها الجغرافي الواسع واقتصار وجودها على فترات زمنية محددة.

وصلت أوج انتشارها في الأردوفيشي والسيلوري. غير أنها أصبحت أقل أهمية اعتباراً من الديفوني.

الأوستراكودا (Ostracoda)

الأوستراكودا هي قشريات دقيقة ثنائية الصدفة تعيش في مياه عذبة ومختلطة ومالحة. . . وهي غالباً ما تعيش في مياه ضحلة نسبياً وساكنة رغم أن فيها نماذج تعيش في بيئات أخرى بما فيها البحار العميقة. وهي مثل الفورامنيفرا والقواقع فإن

أنواعها التي عاشت في الترشري تماثل بشكل كبير النماذج الحية منها حالياً وذلك يساعد في تحديد البيئة. . . ولكن الأنواع الأقدم هي أقل أهمية في تحديد البيئة.

تأتي أهمية الأوستراكودا كمتحجرات بعد الفورامنيفرا. ويمتد وجودها منذ الكامبري وحتى الوقت الحاضر.

تتميز بعض أجناسها وأنواعها بعمر جيولوجي قصير وانتشار جغرافي واسع وهذا مما يعطيها قيمة طباقية حياتية جيدة.

عقارب البحر (Eurypterids)

هي أكبر المفصليات. . . وتعيش سابحة أو زاحفة قريبة من القاع. . . أحافيرها محددة بفترة الباليوزوي ونماذجها نادراً ما توجد مع اللافقريات البحرية الاعتيادية. ويظهر أن عقارب البحر عاشت في أطراف البحار والمياه المالحة والعذبة.

وقد وجدت بقاياها ممتدة من الأوردوفيشي وحتى البرمي. ولكنها أكثر تواجداً في بعض الصخور غير البحرية التي تعود إلى العصرين السيلوري والديفوني.

شوكيات الجلد (Echinodermata)

حيوانات بحرية تمثلها حالياً النجميات (Stelleroidea) والقنفذيات (Echinoidea) وأشباه القثاء (Holothuroidea) والزنبقيات (Crinoidea). . . وهي جميعاً ممثلة بشكل متحجرات. . بالإضافة إلى مجموعات منقرضة نذكر منها الكيسيات (Cystoidea) والبرعميات (Blastoidea) تعيش في المياه البحرية ذات الملوحة الاعتيادية (أي أنها لا تعيش في المياه العذبة أو المختلطة). . وتتواجد في قاع البحار الضحلة والعميقة على السواء. . وتفضل أشباه القثاء والقنفذيات القيعان الطينية لأن بعضها يقتات على المواد العضوية المتواجدة فيها. . بينما تفضل شوكيات الجلد الأخرى القيعان الرملية أو الصخرية. . تعيش بعض الزنبقيات والقنفذيات في المناطق ذات التيارات الشديدة والشاطئية وحول الأرصفة

المرجانية.. والأشكال المثبتة كالزنبقات مثلاً تثبت بالقاع أما مباشرة أو بواسطة ساق. بينما الأشكال الحرة منها كالقنفذيات تستند على القاع بواسطة أشواكها وأرجلها القنابية، وقد تعيش الأخيرة ضمن حفر تحفرها في الصخر أو الرمل.

تمتد شوكيات الجلد من الكامبري الأسفل وحتى الوقت الحاضر. ووجودها في صخور الكامبري الأسفل يشير إلى أن أسلافها كانت موجودة ما قبل الكامبري إلا أنها لم تترك آثارها بشكل متحجرات. وقد حدث تنوع أشكالها وظهور أفراد تقسيماتها الرئيسية اعتباراً من الأوردوفيشي.

تتميز صخور الدهر المسيوزوي بانتشار شوكيات الجلد المثبتة وبصورة خاصة الزنبقيات حيث انقرض معظم صفوفها قبل بداية الميسوزوي.

إن بقايا الأشكال المتنقلة كانت خلال الدهر الباليوزوي ممثلة بقلة وقد انتشرت في الفترات التي تلت ذلك الدهر ولا تزال ممثلة بكثرة في البحار الحالية.

الخطّيات (الكرابتولايت) (Graptolite)

أحياء ظهرت في أعالي الكامبري وانقرضت في الكربوني وتوجد أحافيرها بشكل مستعمرات في أنواع مختلفة من الرسوبيات ويعرف القليل عن بيئات ترسيبها وأن الترسيب كان بطيئاً... بعض الأنواع الطافية منها ذات انتشار جغرافي واسع... وهي تحفظ بشكل كبير في الطفل الأسود الذي يظهر بأنه يشير إلى أن الظروف القاعية ذات كمية قليلة من الأوكسجين وغير ملائمة لمعيشة معظم الأحياء القاعية.

إن كثرة الكرابتولايت وتوزعها الجغرافي الكبير ووجود أجناس وأنواع منها خلال فترات زمنية محددة جعلت منها متحجرات ذات أهمية طباقية حياتية فهي تعتبر من المتحجرات المرشدة لبعض عصور الدهر الباليوزوي وخاصة في الأوردوفيشي والسيلوري.

النـــــوع

النوع (Species)

لقد لاحظ الإنسان منذ القدم أن الحيوانات والنباتات متوزعة في مجاميع تتميز كل مجموعة عن غيرها. وتكون أفراد المجموعة الواحدة متشابهة فيما بينها بعدد من الصفات بحيث يمكن أن يطلق عليها تسمية مشتركة..

ويعتبر علماء التصنيف النوع هو الوحدة الأساسية لتصنيف الكائنات الحية والمتحجرات.. وهناك اختلاف بين مفهوم النوع في علم الأحياء وعلم المتحجرات.

النوع في المفهوم البيولوجي (علم الأحياء)

لقد قدم لينيه (Linné) أول تعريف علمي للنوع في عام 1758م وهو يرى أن كل كائن حي يصنف في نوع غير متغير ومخلوق منذ بداية الحياة ويعطي بالتكاثر أفراداً تشبهه.

إن معظم علماء الأحياء يعتبرون النوع مجموعة من الأحياء (الأفراد) المنتظمة تتزاوج فيما بينها أو لها احتمالية التزاوج.. وهي معزولة تناسلياً، عن مجاميع منتظمة أخرى، تحت الظروف الطبيعية.

إن التزاوج يعني امتزاج الصفات الوراثية وهذا الامتزاج يظهر في أفراد النوع الواحد بصورة اختلافات في الحجم، الشكل، اللون... الخ.

هذه الاختلافات بين الأفراد هي التي أطلق عليها «الضروب» (Varieties).

إن مجموعة الأحياء التي تشكل النوع يمكن أن تنتج من عدد من تجمعات الأحياء المنعزلة جغرافياً.

النوع في علم المتحجرات

لا يمكن تطبيق تعريف علماء الأحياء للنوع على المتحجرات حيث لا

يمكن إجراء التجارب الحيوية عليها أو ملاحظة إمكانيات التزاوج بين الأحياء. كما لا يوجد لدى عالم المتحجرات سوى الهياكل الصلبة التي يضطر إلى الاعتماد عليها في جمع النماذج المتشابهة في مجموعة واحدة وتمييزها عن المجاميع الأخرى. كما أن هناك فروقات أخرى بين النوع في علم المتحجرات والنوع في الكائنات الحية منها:

1 ـ إن بقايا المتحجرات غير كاملة ويستحيل ملاحظة الأجزاء الرخوة منها.

2 ـ إن الحصول على نماذج المتحجرات أكثر صعوبة من الحصول على أفراد من الأحياء كما أنها عموماً أكثر ندرة من الأحياء.

3 ـ إن الصخور الغنية بالمتحجرات تكون محلية أو محدودة عموماً لذا فإن دراسة التغيرات الجغرافية لأفراد المتحجرات تكون أكثر صعوبة من الأفراد الحية.

4 ـ إن المتحجرات توجد وتدرس ضمن فترة زمنية طويلة وهذه الميزة تفيد في فهم دراسة التطور بينما تكون سبباً في زيادة تعقيد التصنيف لصعوبة وضع حدود فاصلة بين الأنواع التي تتطور تدريجياً مع الزمن الجيولوجي.

مما تقدم يظهر أن أهم أساس اعتمد في تعريف النوع من قبل علماء الأحياء ـ وهو إمكانيات التزاوج أو العلاقة الوراثية ـ لا يمكن أن يطبقها عالم المتحجرات على المتحجرات التي يجدها في منطقة واحدة أو تلك التي تتماثل في الكثير من صفاتها الخارجية. كما لا يمكنه أن يثبت بأن المتحجرات المعزولة عن بعضها أو المتباينة هي معزولة وراثياً. ولكنه يفترض أن مجموعة المتحجرات المتواجدة في منطقة واحدة ومستوى طباقي واحد تمثل مجموعة تتكون من أفراد متزاوجة (قابلة للتزاوج)... ولكن من الصعب تطبيق هذا الافتراض على المجاميع المنفصلة عن بعضها بحواجز أو مواقع جغرافية، أو تقع في مستويات طباقية متباينة.

لذا فقد استند علماء المتحجرات على الصفات الواضحة في أشكال المتحجرات وآثارها في تحديد النوع في المتحجرات. ولتفريقها عن النوع الحياتي

فقد أطلق عليها اسم «أنواع مورفولوجية» (Morphologic species أو Morphospecies) وجميع الأنواع في علم المتحجرات تقع ضمن هذا الصنف من الأنواع.

ومن الناحية العملية فقد أجرى علماء المتحجرات مقارنة بين أشكال أنواع المتحجرات وقارنوها بأشكال أنواع الأحياء الحالية وقد ساعد ذلك في معرفة العلاقة بين بعض المتحجرات والأحياء الحالية وكذلك في تحليل البيئة القديمة واحتمالات الخطوط التطورية.

إن الصفات الظاهرية التي يستند عليها المختصون في علم المتحجرات لوضع أفراد مجموعة من المتحجرات في منطقة ما ضمن نوع واحد هي مسألة تخضع للاجتهاد الشخصي.. فمن الصعوبة الاجماع على اعتبار صفة ظاهرية ما في متحجر هي أكثر أهمية من صفة ظاهرية ثانية في المتحجرات نفسها... ولذا نلاحظ بأن هناك عدة أنظمة للتصنيف ضمن الرتبة الواحدة مثلاً. وعلى الجيولوجي الذي يقوم بإعداد بحث أو دراسة أن يذكر التصنيف الذي اعتمده في دراسة متحجراته.

لقد استخدمت مؤخراً الدراسات الاحصائية على الصفات الظاهرية «للأنواع الحياتية» (Biospecies) وظهر بأن هذه الطريقة بالامكان تطبيقها على «الأنواع المورفولوجية» التابعة للمتحجرات وبذلك قربت الفجوة بين هاتين المجموعتين من الأنواع.. فعلى سبيل المثال اختيرت أفراد تعود إلى مرحلة نمو معينة لنوع من أنواع عضديات الأرجل وطبقت دراسة إحصائية على صفات ظاهرية فيها كالطول وخط الاتصال وعدد الطيات وهذه الصفات تظهر في أجزائها الصلبة... وقد لوحظ بأن هذه الصفات تتجمع حول «قيمة وسطية محددة» (Definable mean values) ولها انحراف قياسي محدد (Definite standard deviation)... كما لوحظ من هذه الدراسات الاحصائية بأن «تحت النوع» (Subspecies) له صفات تقع في نفس مدى صفات النوع ويختلف عن النوع بأن له «قيم وسطية» أو «معدل قيماً» (Mean values) مختلفة قليلاً وانحرافات قياسية متداخلة...

لقد لاحظ علماء الأحياء بأن معظم الأنواع الحياتية (Biospecies) الحالية يمكن تشخيصها بطريقة إحصائية استناداً إلى صفات مورفولوجية (شكلية) فيها فقط.. والمقصود بالصفات المورفولوجية صفات الأجزاء الصلبة.. وهذا ما قد يؤدي إلى تحديد «النوع المورفولوجي» (Morphologic Species) بصورة يكون فيها قريباً من «النوع الحياتي» لأن الأساس المستخدم في التشخيص سيكون واحداً... وهذه العملية رغم أهمية نتائجها فإنها تعني أن معظم دراسات المختصين بعلم المتحجرات السابقة ستعاد من جديد وستكون الدراسة الاحصائية هي المعتمدة في التشخيص.

تحت النوع الجغرافي والنوع الجغرافي

قد تنعزل جزئياً أفراد نوع تعيش في منطقة ما بحواجز عن بعضها البعض وهذه الحواجز قد تكون جغرافية أو بيئية.. وفي هذه الحالة فإن عملية التزاوج تتوقف جزئياً، وذلك يؤدي إلى ظهور مجاميع ثانوية تكون الفوارق بينها قليلة... وبذا يظهر لدينا ما يسمى «تحت نوع جغرافي» (Geographic subspecies)... وحينما تصبح هذه الحواجز بين الأفراد كاملة تماماً فإن مجموعتين أو أكثر تظهر نتيجة لهذه العزلة وتتطور كل مجموعة بشكل مستقل عن الآخر وذلك يؤدي إلى أن كل مجموعة تسمى «نوعاً جغرافياً».

النوع الزمني (الطباقي) وتحت النوع الزمني

إن الفرق في المواقع الطباقية (الزمنية) لوجود المتحجرات يؤدي إلى نفس العزلة في التزاوج الذي يحصل حين عزل المجاميع جغرافياً أو بيئياً. ولكننا نلاحظ في حالة تعاقب أفراد الأنواع عمودياً أن هناك تداخلاً وأحياناً تدرجاً في الأشكال.

ولو طبقنا الدراسة الإحصائية على أفراد الأنواع المتواجدة في مستويات طباقية متعاقبة فإننا نلاحظ أنها تظهر «معدلاً إحصائياً منفصلاً وانحرافاً قياسياً متداخلاً». وهاتان الحالتان تظهران في حالة الدراسة الإحصائية لـ «تحت النوع الجغرافي»...

ومن الأمور البديهية أن المتحجرات التي تفصلها عن بعضها مسافات طباقية (زمنية) كبيرة لا يشترط فيها أن تظهر صفات متداخلة أو متشابهة. . وبذا فمن السهل تشخيصها كأنواع منفصلة. . . ولكن في حالة دراسة أفراد المتحجرات من طبقات متعاقبة ومتسلسلة وبدون وجود فجوات كبيرة في السلسلة يمكن ملاحظة تغيّر الصفات الظاهرية ويكون التفريق بحدود اختيارية (اعتباطية) ويتحقق ذلك بأفضل طريقة بالدراسة الاحصائية.

إن الأنواع التي تشخص بهذه الطريقة الاعتباطية قد سميت «أنواعاً قديمة» (Paleospecies) من قبل البعض. . وأطلق عليها آخرون تسمية «نوع زمني» (Chronospecies) كما استخدم البعض «الأنواع المتعاقبة» (Successional species).

الفصل السابع

العلاقات الطباقية

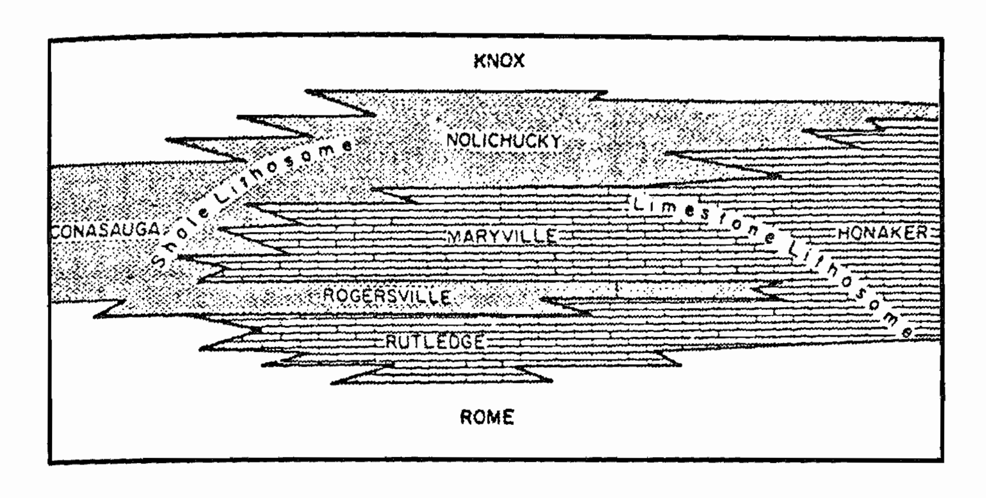
العلاقات الطباقية

إن بيئة الترسيب ومصدر الرسوبيات وعوامل التعرية وتأثير عوامل ما بعد الترسيب في أحواض الترسيب هي التي تعطينا أنواعاً مختلفة من الطبقات الرسوبية.

المجاميع الصخرية المتداخلة (Lithosome)

إن عبارة Litho تعني صخرياً، والمصطلح «الكتلة الصخرية المتداخلة» «Lithosome» استخدمه ويلر ومالوري (Wheeler & Mallory) وقصدا به كتلة صخرية معينة متجانسة في صفاتها دون تحديد تقسيماتها الطباقية الصخرية (تكوين، عضو... الخ) تتداخل مع كتلة صخرية ثانية متجانسة في صفاتها وتختلف عن الكتلة الأولى ـ دون تحديد تقسيماتها الطباقية الصخرية أيضاً. لاحظ الشكل (7 ـ1).

كما استعمل ويلر مصطلح «الكتلة الحياتية» (Biosome) أي «المجاميع الحياتية المتداخلة» للدلالة على الطبقات الصخرية التي تحتوي على مصنف واحد من المتحجرات وتتداخل مع مجموعة ثانية من الصخور تحتوي على مصنف آخر يختلف عن الأول.



شكل (7 ـ 1)
المجاميع الصخرية المتداخلة

(المصدر ـ Krumbein & Sloss, 1963)

أشكال المجاميع الصخرية المتداخلة

إن أشكال الصخور عموماً تمتاز بسمك قليل وامتداد جغرافي واسع، ويتحدد شكل الكتلة الصخرية (Lithosome) بمعزل عن الكتل المجاورة لها.. ويتم تحديد شكل المجاميع الصخرية بأخذ مقطع عرضي من الكتلة الصخرية وتحديد شكلها الهندسي بمقاييس الطول والعرض والارتفاع (السمك) لذا فهناك أشكال هندسية عديدة منها:

1 ـ الشكل الصفائحي.
2 ـ الشكل الغطائي.
3 ـ الشكل العدسي.
4 ـ الشكل الشريطي.
5 ـ الشكل الوتدي.
6 ـ الشكل المنشوري.

كما قسمت الكتل الصخرية على أساس آخر وهو أصل تكوينها وما ينتج

عنه من أشكال مختلفة منها:

1 ـ شكل الحواجز أو الشعاب الصخرية (Reef).

2 ـ شكل حواجز أو شعاب واطئة الارتفاع (Bank).

3 ـ شكل الجزر الرملية (الشكل القضيبي) (Bar).

4 ـ شكل القناة (Channel).

وقد استعمل كرينين (Krynine) في عام 1948 تقسيماً استند فيه على نسبة العرض/ السمك وهذا التقسيم يعد تقسيماً هندسياً أيضاً وقد استنبط الأشكال التالية:

1 ـ الشكل الغطائي نسبة الطول/ العرض أكثر من 1000/ 1

2 ـ الشكل الصفائحي نسبة الطول/ العرض من 1000/ 1 إلى 50/ 1

3 ـ الشكل المنشوري نسبة الطول/ العرض من أقل من 50/ 1 إلى 5/ 1

4 ـ الشكل الشريطي نسبة الطول/ العرض أقل من 5/ 1.

ولغرض توضيح العلاقات الطباقية في الحقل فإننا سنقسمها إلى قسمين رئيسيين.. هما العلاقات العمودية والعلاقات الجانبية.

العلاقات العمودية للمجاميع الصخرية المتداخلة

إننا نستخدم عبارة المجاميع المتداخلة بدلاً من استخدام أسماء الوحدات الطباقية الصخرية (المجموعة، التكوين، العضو... الخ) وعلى الطالب أن يذكر أن هذا المدلول يعني التغيرات العمودية بين أي نوع من أنواع الصخور ـ أي التغير من صفة صخرية إلى صفة صخرية أخرى. إن التغيرات العمودية يمكن ملاحظتها في الطبيعة بصورة أسهل من ملاحظة التغيرات الجانبية وذلك لأن التغيرات العمودية تلاحظ في مسافات عمودية قليلة نسبة إلى التغيرات الأفقية التي تمتد إلى مسافات جغرافية واسعة جداً... كما نلاحظ التغيرات العمودية تحت السطح أيضاً من خلال الصفات الكهربائية أو نماذج الحفر.

ويمكن إدراج التغيرات العمودية بين الصخور ضمن مجموعتين:

1 ـ علاقات عمودية (طباقية) متوافقة (Conformable relationship).

2 ـ علاقات عمودية (طباقية) غير متوافقة (Unconformable relationship) وسوف نتطرق بالتفصيل لهذه العلاقات.

1 ـ العلاقات العمودية المتوافقة

المقصود بالعلاقات أو التغيرات العمودية المتوافقة هو تغير الصخور في الحقل من نوع إلى آخر دون ملاحظة أي دليل على انقطاع في الترسيب (أي عدم ملاحظة أدلة على عدم التوافق) وتسمى العلاقة في هذه الحالة بين الوحدتين الصخريتين «علاقة توافقية».

وهذه التغيرات التوافقية قد تتكون بإحدى الطريقتين التاليتين:

(أ) التغير التدريجي المزوج

في هذا النوع من التغير يظهر تدرج بين نوعين من الرسوبيات، ومثال ذلك هناك طبقة صخرية مكونة من حجر رملي تتغير إلى الأعلى بصورة تدريجية إلى طفل (Shale) وذلك بزيادة تدريجية في كميات الطين كلما اتجهنا إلى الأعلى. ويكون التغير بامتلاء الفراغات بين ذرات الرمل بالطين وتزداد كمية الطين وتقل كمية الرمل حتى تصل إلى حالة في الأعلى يسود فيها الطين وينعدم الرمل (لاحظ الشكل 7 ـ 2). وقد يكون أحد أسباب هذه الحالة هو ازدياد عمق حوض الترسيب بشكل تدريجي.

(ب) التغير التدريجي لنوع واحد

إن التغير التدريجي لنوع واحد من الصخور يتم حين تغير حبيبات الرمل في حجمها من قطع كبيرة في الأسفل إلى قطع أصغر حجماً كلما اتجهنا نحو الأعلى في العمود الطباقي. وهذا النوع من التغير قد يبدأ بقطع حجمها بحجم الرمل حسب مقياس ونتوورث (Wentworth) وهو ما بين 2 ـ (1/16) ملم ثم تصغر في

الحجم إلى السلت حيث حجم القطع يتراوح ما بين (1/16 ـ 1/256) ثم ينتهي بحجم حبيات الطين (Clay size) (أقل من 1/256ملم) لاحظ الجدول (الجدول 7 ـ 1).

الجدول (7 ـ 1)

تدرج قطر المواد الفتاتية ـ جزء من مقياس ونتوورث ـ Wentworth

الاسم	القطر بالملمتر
الجلاميد (Boulder)	أكثر من 256
حصى خشن (Cobble) (جلاميد صغيرة)	256 ـ 64
حصى (Pebble)	64 ـ 4
حبيات (Granule)	4 ـ 2
رمل (Sand)	1/16 ـ 2
سلت (Silt)	1/256 ـ 1/16
طين (Clay)	أقل من 1/256

شكل (7 ـ 2)

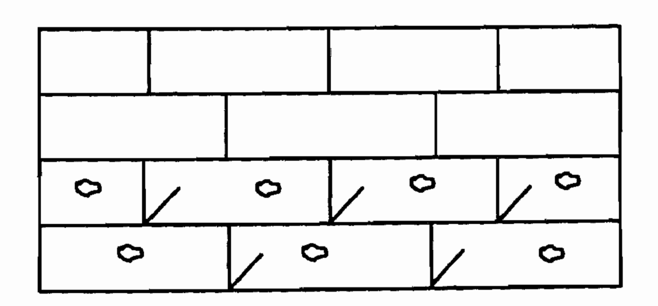
العلاقات العمودية التوافقية

ومن المناسب تذكير الطالب بأن عبارة الطين (Clay) ذات مفهومين فهي قد تشير إلى ترسبات متكونة من معادن طينية كالإلايت (Illite) والمنتموريلونايت والكلورايت. . وهي معادن ذات تركيب خاص وصفات خاصة. . . كما ترد عبارة الطين للدلالة على حجم حبيبات المواد الفتاتية حسب تقسيم ونتوورث المعروف التي تشمل أية مادة فتاتية (Clastic) (طينية أو رملية أو كلسية. . . الخ) ذات حجم أقل من 1/ 250 ملم لاحظ الجدول رقم (7 ـ 1).

التغير العمودي المفاجئ في الحدود الطبقية

إن المقصود بالتغير العمودي المفاجئ في الحدود الطبقية هو ذلك التغير العمودي من طبقة صخرية إلى طبقة صخرية أخرى بمسافة عمودية قصيرة جداً بدون أي دليل على عدم توافق. . . إن هذا النوع من التغير نادر الوجود بالطبيعة. . . وهو قد يحصل لأحد سببين الأول إذا كان الترسيب بطيئاً جداً يقاس معدله بأجزاء من السنتمتر في آلاف السنين. لذا فإن أي تغير في طبيعة صخور المصدر قد يؤدي إلى تغير مفاجيء في العلاقات العمودية.

والحالة الثانية هي تغير طبقة من الحجر الجيري إلى دولومايت بعملية تسمى التدلمت (Dolomitization) فيؤدي ذلك إلى تغير طبقة الحجر الجيري أو جزء منها إلى دولومايت ويكون تعاقبهما مفاجئاً وبدون أي دليل على عدم التوافق (لاحظ الشكل (7 ـ 3)).



شكل (7 ـ 3)

التغير التوافقي المفاجيء من حجر جيري فتاتي مدلمت (تكوين بخمة) إلى حجر جيري (تكوين شرانش) في العراق.

تكوّن أسطح عدم التوافق وأشكالها

تتكون أسطح عدم التوافق عادة كنتيجة لتعرية الصخور المرتفعة فوق مستوى سطح البحر. وأول مراحل أسطح التعرية قد تكون متعرجة بينما الأسطح المتقدمة تكون مستوية. والأسطح المتعرية عادة تنتج من ارتفاع سطح الأرض كما ذكرنا لذا فإن تعريتها تكون بتأثير العوامل الموجودة على سطح الأرض (رياح. مياه، ثلاجات). ولكونها تحصل تحت الغلاف الجوي فقد أطلق عليها مصطلح تعرية في «اليابسة» أو تحت الهواء (Subaerial). وهناك عدم توافق يحصل إما داخل البحر أو بتأثير أمواج البحر وأطلق عليه «عدم توافق بحري» (Marine) وتقوم الأمواج بتعرية الصخور القريبة من الساحل وقد تؤدي إلى تآكلها وتعريتها ثم قد ترسب طبقات جديدة فوق الطبقات القديمة ويفصلها عدم توافق.

وعدم التوافق الذي يحصل داخل البحر أو «تحت الماء» (Subaqueous) قد ينتج بسبب التراكمات الواسعة للصخور داخل البحر وعلى جوانبه وخاصة عندما تكون ضفافه منحدرة فتتجمع تلك الرواسب حتى تصل إلى حالة عدم استقرار نتيجة لزيادة كمية الرواسب وزيادة زاوية انحدارها مما يؤدي إلى انزلاقها. ونتيجة لذلك تترك خلفها (في موقعها الأصلي) سطحاً يصبح فيما بعد سطح عدم توافق بعد أن تتجمع رواسب جديدة فوق سطح الانزلاق الأصلي.

2 ـ العلاقات الطباقية (العمودية) غير المتوافقة

هناك حالات في علاقات طباقية غير متوافقة في الحقل حيث يلاحظ وجود دليل أو مجموعة أدلة على انقطاع في الترسيب الصخري، وهذا السطح الذي يفصل بين الطبقات يسمى «سطح عدم توافق» (Unconformity Surface). وقد يكون حدوث عدم التوافق وإما بسبب ارتفاع الطبقة السفلى ثم تعريتها وترسب طبقة ثانية فوقها وإما نتيجة لتوقف في الترسيب لفترة ثم حصول ترسيب ثانٍ فوق الطبقة الأولى.

وهناك عدة تقسيمات لأنواع عدم التوافق وسوف نتبع التقسيمات التي اعتمدت من قبل الجيولوجيين في أمريكا وهي الأكثر شيوعاً بين الجيولوجيين.

(أ) عدم التوافق الزاوي Angular Unconformity

يطلق على العلاقة بين الطبقات تسمية «علاقة توافق زاوي» وذلك إذا كانت الطبقات السفلى مائلة ويفصلها سطح عدم توافق عن طبقات أفقية تقع فوقها.

وهذا النوع من عدم التوافق يحصل بالشكل التالي لاحظ الشكلين (7 ـ 4) و (7 ـ 5). تترسب طبقات صخرية بشكل أفقي وترتفع هذه الطبقات عن سطح البحر وتتعرض إلى ميل أو حركة أرضية تؤدي إلى تكون طيات (Folds) فيها ثم تتعرض هذه الطبقات إلى التعرية. وبانخفاضها ثانية تحت مستوى سطح البحر تترسب الطبقات الثانية بشكل أفقي فوق الطبقات الأولى المائلة أو المطوية.

(ب) عدم التوافق المتوازي Disconformity

هي تلك الحالة التي تلاحظ بين طبقات قديمة يفصلها سطح عدم توافق عن طبقات أحدث منها وكلا الطبقتين القديمة والحديثة متوازيتان (لاحظ الشكل (7 ـ 6)).

(جـ) عدم التوافق المتباين (اللاتوافق) (Nonconformity)

العلاقة بين صخور نارية أو متحولة مفصولة بسطح عدم توافق عن صخور رسوبية تقع فوقها (لاحظ الشكل (7 ـ 7)).

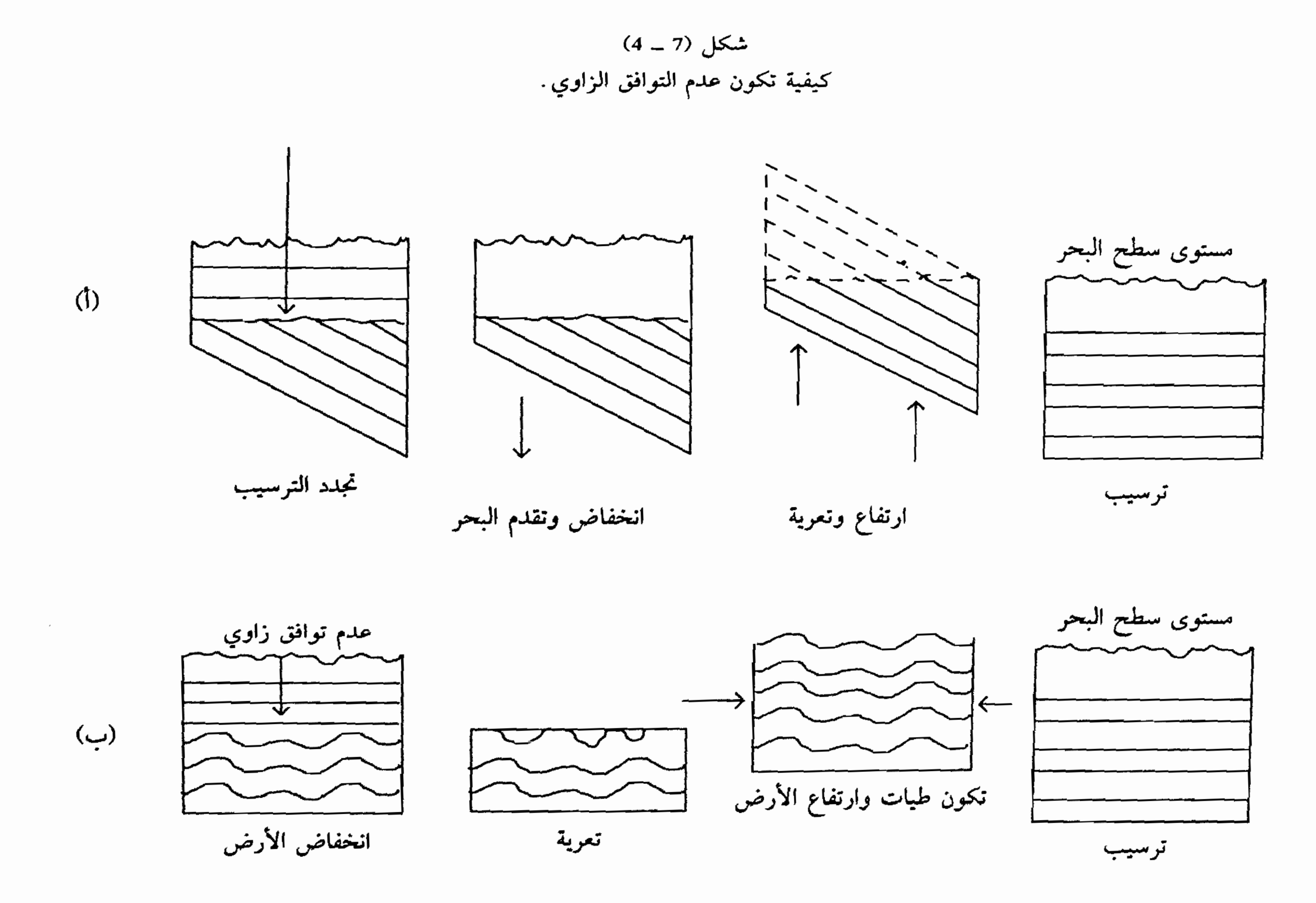
أو أن تكون الصخور النارية هي التي تقع أعلى الصخور الرسوبية ويفصلهما سطح عدم توافق (Unconformity) ناتج من تعرية أو عدم ترسيب.

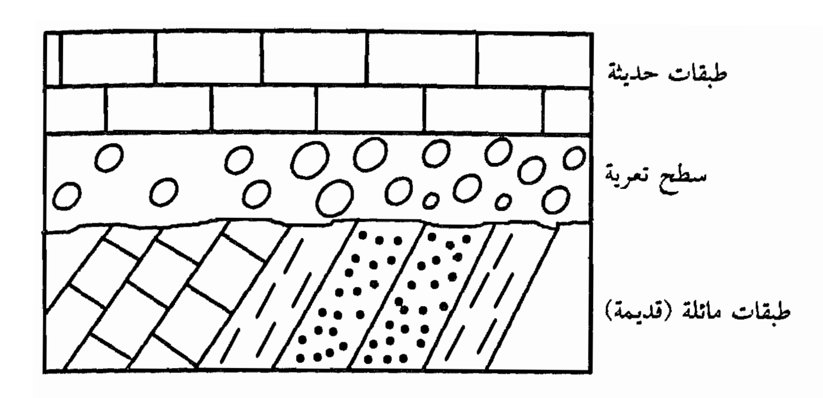
عدم التوافق المحلي والإقليمي

إن تقسيم عدم التوافق إلى محلي أو إقليمي يعتمد على الامتداد الجغرافي لعدم التوافق. فعدم التوافق المحلي (Local) يكون له امتداد جغرافي محدود ويكون محصوراً في مناطق قريبة من حوض الترسيب حيث يستمر الترسيب داخل حوض الترسيب (البحر أو بحيرة مثلاً) بينما تكون المناطق اليابسة المجاورة لحوض الترسيب متعرضة للتعرية. . . بينما عدم التوافق الإقليمي (Regional)

شكل (7 ـ 4)

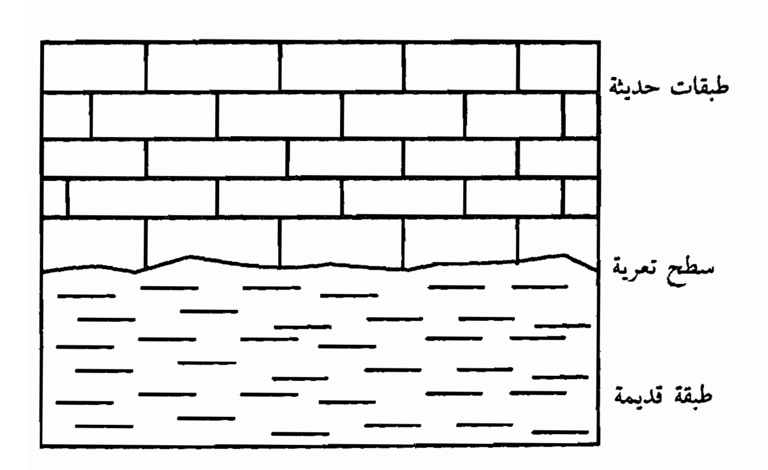
كيفية تكون عدم التوافق الزاوي.





شكل (7 ـ 5)

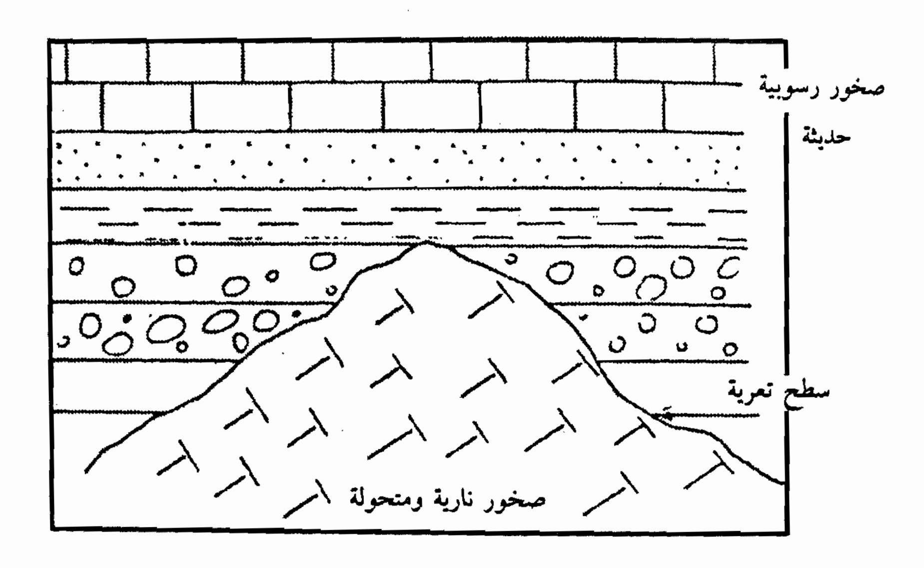
عدم توافق زاوي (Angular Unconformity).



شكل (7 ـ 6)

عدم توافق متوازٍ (Disconformity).

يكون له امتداد جغرافي واسع نتيجة لتأثر أطراف أحواض الترسيب والأحواض الأصلية بعملية التعرية نتيجة لانحسار كبير للبحر... ومن الأمثلة في العراق على عدم التوافق الإقليمي هو عدم التوافق الموجود بين صخور الكريتاسي الأعلى والترشري الأسفل في مناطق شاسعة من معظم العراق وتمتد من الشمال والشمال الشرقي حتى تكاوين المناطق الوسطى وبعض التكاوين في المناطق الغربية والجنوبية من العراق.



شكل (7 ـ 7)

اللاتوافق (Nonconformity).

أدلة تمييز عدم التوافق الطبقي

هناك عدة أدلة تؤدي إلى التعرف على أسطح عدم التوافق سواء أكانت هذه السطوح (المستويات) تقع في المكاشف الصخرية (Outcrop) أم تحت السطح (Subsurface). وبالإمكان تقسيم هذه الأدلة إلى ثلاثة مجاميع:

1 ـ الأدلة الرسوبية (Sedimentary Criteria).

2 ـ الأدلة الاحفورية (Paleontologic Criteria).

3 ـ الأدلة التركيبية (Structural Criteria).

4 ـ أدلة الخرائط الطباقية (Stratigraphic Maps).

1 ـ الأدلة الرسوبية:

يوجد أكثر من عشرين دليلاً رسوبياً على وجود عدم التوافق وسنتطرق إلى بعض منها:

(أ) المدملكات القاعدية

قطع صخرية بحجم يزيد قطره عن 20 ملم. وهي تتكون عادة نتيجة لتقدم الخلجان كما وأن هناك مدملكات فيضية.

مثال من العراق

بين تكويني كولوش (Kolosh) في الأسفل وتكوين جركس (Gercus) في الأعلى توجد طبقة من المدملكات في منطقة كلي دهوك.

الايوسين الأوسط	تكوين جركس	اللون السائد فيها هو الأحمر
	طبقة مدملكات	
البالوسين ـ الأيوسين الأسفل	تكوين كولوش	اللون السائد فيها هو الأخضر.

مثال آخر من العراق

تكوين الفرات الجيري	المايوسين الأسفل
طبقة سميكة من المدملكات	
تكوين ازقند الجيري	الأوليجوسين الأعلى

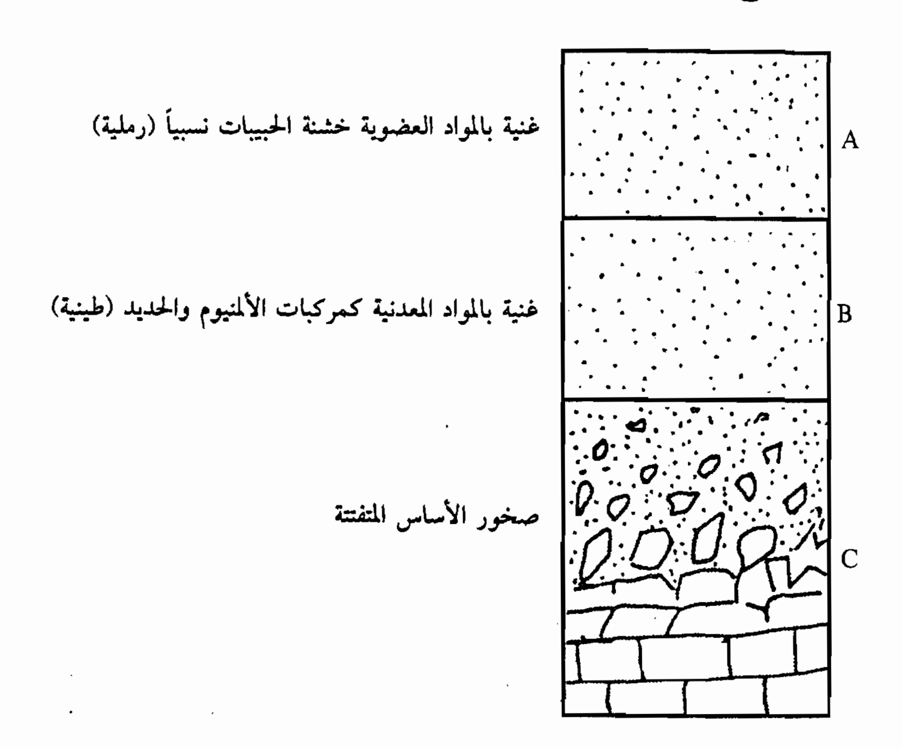
(ب) حجر الصوان المتبقي نتيجة للتعرية

يوجد بشكل تصلبات (Concretions) مع الحجر الجيري ثم يذوب الحجر الجيري بتأثير عوامل التعرية الكيميائية فتبقى قطع الصوان.

إن السليكا قد تتجمع (Coagulated) إلى أجسام كروية تتصلب إلى قطع صوان عقيدية (Chert nodules).

(جـ) مقطع التربة المدفونة (Buried Soil Profile)

إن التربة المتعرضة للتعرية تتكون فيها ثلاث مناطق متميزة الواحدة عن الأخرى ومتداخلة مع بعضها (لاحظ الشكل (7 ـ 8)).



شكل (7 ـ 8)
قطاع تربة ناضجة

(المصدر. عبد الهادي الصائغ وفاروق العمري. 1979).

إن الأدلة الثلاثة التي سبق ذكرها تعد مهمة كأدلة رسوبية لعدم التوافق المتوازي المتكون على سطح الأرض (اليابسة) (Subaerial) وهناك ثلاثة أدلة رسوبية أخرى تدلل على عدم التوافق المتوازي المتكون تحت سطح البحر

(Submarine) أو ما يطلق عليه مصطلح (Diastem).

(أ) منطقة الكلوكونايت (Glauconite):

الكلوكونايت هو معدن أخضر اللون بشكل حبيبات رملية له علاقة قريبة بمعدن المايكا ويتكون من سليكات البوتاسيوم والحديد المائية، ويوجد عادة في الصخور الرسوبية البحرية. وقد لاحظ المؤلف وجوده أثناء بحثه للدكتوراه في بئر عين زالة رقم 17 في العراق بين الأعماق 3468 وإلى 4971 قدماً أي بسمك يصل إلى حوالي 6،3 أقدام بين تكويني شرانش وعليجي.

(ب) الحصى المحتوي على الفوسفات

والفوسفات تأتي من أصداف الحيوانات أو الأجزاء الصلبة الأخرى للحيوانات كالعظام.

2 ـ الأدلة الأحفورية على عدم التوافق

هناك ثلاثة أدلة تستخدم فيها أحافير للاستدلال على وجود عدم توافق بين المجاميع الصخرية وهي:

(أ) تغير مفاجىء في مجاميع أحافير الحيوانات أو النباتات أو كليهما.

(ب) انقطاع مفاجىء في سلسلة تطور الأحياء كما تظهرها الأحافير.

(جـ) وجود بقايا عظمية كهياكل الحيوانات وأسنانها مع المدملكات القاعدية.

2 ـ (أ) من خلال الدراسات الواسعة التي قام بها الباحثون في علم المتحجرات فقد تمكنوا من وضع الاطار الغام لمجاميع الأحافير الحيوانية والنباتية لمعظم الفترات الزمنية الجيولوجية وتمكنوا من استنتاج ووضع مراحل تطور الأحياء عبر العصور الجيولوجية المختلفة. ومن خلال تفهم الجيولوجيين لهذه الوقائع العلمية أصبح لدينا دليل مهم لمعرفة حدوث عدم توافق أو لا في أية منطقة نقوم بدراستها. فالتغير المفاجىء من مجموعة من أحافير الحيوانات مثلاً إلى مجموعة ثانية لا يفترض بها أن تكون فوقها مباشرة بل يفترض أن تكون

موجودة بعد فترة زمنية جيولوجية طويلة يعطينا الدليل على أن تواجد هاتين المجموعتين الواحدة فوق الأخرى بشكل متعاقب (مفاجيء) سببه تعرية أو عدم ترسيب طبقات صخرية لفترة زمنية جيولوجية كان يفترض بها أن تحوي على مجموعة معينة من الأحافير.

فلو وجدنا على سبيل المثال أحافير لمجموعة من الأحياء التي تعود إلى العصر الأوردوفيشي وتعقبها مجموعة من الأحافير تعود إلى العصر الديفوني فإن ذلك يدلل بوضوح على وجود عدم توافق يمثل فترة السلوری.

والحالة الثانية التي تدلنا على وجود عدم توافق هو إذا تغيرت مجاميع الأحافير من أحافير تدل على بيئة بحرية إلى أحافير تمثل بيئة قارية. فإن هذا التغير المفاجيء هو دليل على وجود عدم توافق لأن تغيراً كهذا في الطبيعة لا يحصل دون أن تصاحبه حالة عدم توافق.

2 ـ (ب) أما الدليل الآخر فهوحدوث انقطاع في السلسلة التطورية لنوع معين من الأحياء خلال النسق العمودي لسلسلة تطور ذلك النوع أو الجنس بشكل مفاجيء فإنه يدل على وجود عدم توافق.

2 ـ (جـ) كما أن وجود بقايا عظام وأسنان مع المدملكات القاعدية يعطي دليلاً على عدم التوافق.

3 ـ الأدلة التركيبية

هناك عدة أدلة تركيبية تلاحظ في الحقل وتدل على وجود عدم توافق. فإذا لاحظنا اختلافاً في ميل الطبقات (Dip) بين سطح التقاء طبقتين صخريتين فإن ذلك دليلاً أكيداً على وجود عدم توافق زاوي بين الطبقتين (Angular Unconformity). كما إننا إذا لاحظنا أن هناك عدة طبقات من الصخور يقطع القسم العلوي منها سطح اتصال متموج مع الطبقات التي فوقها فذلك دليل آخر على وجود عدم توافق (Disconformity) يفصل بين مجموعتي الصخور نتيجة لتعرض الصخور السفلى إلى تعرية قبل ترسيب مجموعة الصخور العليا.

ومن الأدلة الأخرى إننا نعلم بأن أية كتلة من الصخور النارية تخترق

مجموعة من الصخور فإنها تؤثر على تلك الصخور وتحولها نتيجة لتأثير الحرارة والمعادن والأبخرة التي تحملها. فإذا لاحظنا أنَّ هناك مجموعة صخرية تخترقها صخور نارية كالسد الرأسي (Dike) تعلوها صخور على اتصال مباشر بالسد الرأسي ولم تتأثر الصخور العليا بأي تغير فذلك دليل على أن مجموعة الصخور الأولى مع السد الرأسي قد تعرضت إلى تعرية ثم ترسبت فوقها طبقة جديدة من الصخور، لذا فإن الطبقات العليا في هذه الحالة لا يظهر فيها أي أثر للتحولات المصاحبة للفعاليات البركانية ويعتبر سطح الاتصال عدم توافق (Disconformity).

ودليل آخر هو اننا إذا لاحظنا وجود اختلاف نسبي في شدة الصدوع (الفوالق) وكثرتها بين مجموعتين من الصخور تقع فوق وأسفل الاتصال بين المجموعتين بحيث كانت الصدوع السفلى أكثر من العليا، كما أن سطوح الصدوع تتوقف عند سطح الاتصال بين الطبقتين فجأة فذلك دليل على وجود عدم توافق يفصل بين الطبقتين.

4 ـ أدلة الخرائط الطبقية

إن الدراسة الحقلية وعمل الخرائط الطبقية يساعد كثيراً في التعرف على عدة ظواهر تركيبية ومن أهمها عدم التوافق.

وقد نلاحظ في الحقل عدة أدلة منفردة ولا يكون الجيولوجي متأكداً من وجود أو عدم وجود التوافق، إلا أنه إذا رسمت خارطة للطبقات بأنواع مختلفة وعند تجميع المعلومات في الخارطة يمكن الاستدلال على وجود عدم التوافق.

العلاقة الجانبية بين الكتل الصخرية

إن التغيرات الجانبية بين الكتل الصخرية لا تلاحظ لمسافات قليلة كالتغيرات العمودية بل إن امتداداتها الجغرافية تكون كبيرة نتيجة لطبيعة امتداد مناطق الترسيب سواء أكانت قارية أم مختلطة أم بحرية... والتغيرات الجانبية تحصل نتيجة لتغير في مستوى حوض الترسيب البحري مما يؤدي إلى تغير مناطق ساحل البحر التي تؤدي إلى تغير طبيعة المواد المترسبة... والتغير الآخر قد يحصل في مناطق اتصال بيئة معينة ببيئة أخرى مخالفة لها كخطوط سواحل البحر... وقد لوحظ

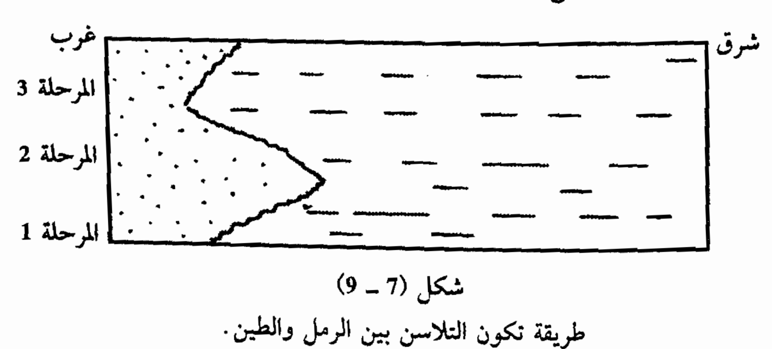
في الطبيعة ثلاثة أنواع من التغيرات الجانبية وهي:
1 ـ التلاسن 2 ـ تضيق الكتلة الصخرية 3 ـ التدرج الجانبي وسوف نوضحها بالتفصيل.

1 ـ التلاسن Intertonguing

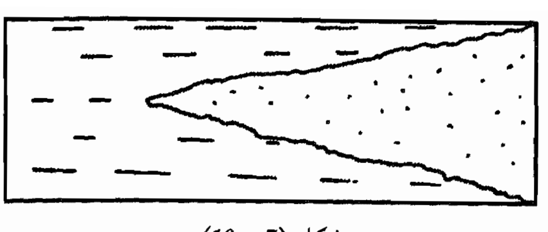
إن بعض الوحدات الصخرية تتفرع جانبياً إلى أجسام أصغر وذلك نتيجة لتغير بيئة الترسيب جانبياً وكل فرع من هذه الأجسام الصغيرة يسمى لساناً حتى تتحول إلى كتلة ثانية... ولتوضيح ذلك لاحظ الشكل (7 ـ 9) حيث بدأت كتلتان للصخور بالترسيب نتيجة لاختلاف بعدهما عن ساحل البحر الشكل (7 ـ 9 المرحلة 1). وبعد فترة زمنية حدث تقدم لمياه البحر على اليابسة فتقدمت الكتلة الطفلية إلى الغرب (المرحلة 2) ثم حصل تقدم لمياه البحر باتجاه الشرق للمرة الثانية فتقدمت ترسبات الرمل إلى الشرق (المرحلة 3). وكانت المحصلة النهائية تلاسن الوحدتين الرملية والطفلية. ولو أخذنا كل جزء من الألسنة لوحده فهو يمثل تضيقاً (Pinch-out) لتلك الوحدة في تلك المرحلة.

التضيق الجانبي (Pinch-out) الأشكال الوتدية:

في هذه الأشكال من التغيرات الجانبية تبدأ الكتلة الصخرية بالتضيق كنتيجة لتقلص سمكها الذي سببه تغير بيئة الترسيب أو طبيعة المواد المنقولة أو كلا العاملين... وباستمرار التضيق تنتهي الكتلة الصخرية بكتلة ثانية ومن الطبيعي أن تضيق واضمحلال كتلة صخرية يصاحبه زيادة في سمك الكتلة الصخرية الثانية المجاورة لها. لاحظ الشكل (7 ـ 10).



شكل (7 ـ 9)
طريقة تكون التلاسن بين الرمل والطين.



شكل (7 ـ 10)
يوضح تضيق كتلة الحجر الرملي

إن ظاهرة الأشكال الوتدية الناتجة عن التضيق مهمة في الطبيعة لأن كثيراً من المصائد الطبقية للنفط والغاز اكتشفت على طول هذه الأشكال التي تكون ذات مسامية ونفاذية عالية (حجر رملي) ومحصورة بين طبقات غير نافذة (الطفل).

التدرج الجانبي (Lateral gradation)

يحصل التدرج الجانبي بين الكتل الصخرية المتجاورة بدون اضمحلال تدريجي أو تلاسن بين الوحدتين، بل إن التغير يكون بنفس الصورة التي تحصل حين التدرج العمودي. . . لذا فهو قد يكون تغيراً تدريجياً بين مزيج لنوعين من الصخور (رمل وطفل مثلاً) أو تغيراً في حجم الحبيبات من فتاتية كبيرة إلى فتاتية أصغر كلما ابتعدنا عن الساحل واتجهنا نحو الأعماق. وقد يحصل تغير جانبي بين الكتل الصخرية من حجر جيري إلى الميكرايت.

التغير العمودي والجانبي المركب

لقد قسمنا التغيرات بين الكتل الصخرية إلى تغيرات عمودية وتغيرات جانبية. . . إلا أن النوعين قد يحصلان لكتلة صخرية واحدة وهو ما سميناه التغير المركب وذلك لأنها تعكس التغيرات العمودية والجانبية مجتمعة، ويحصل بسبب التغيرات الجغرافية التي تكون مسؤولة بدرجة رئيسية عن ترسب الكتل المختلفة أثناء الزمن الجيولوجي.

إن سبب التغيرات الجغرافية هو عدم استقرار ظروف الترسيب التي تتأتى من اختلافات تحصل في مستوى سطح البحر أو اختلاف مستوى القاعدة مما يؤدي

إلى حصول اختلافات في بيئات الترسيب وبالتالي الرواسب الناتجة عنها.

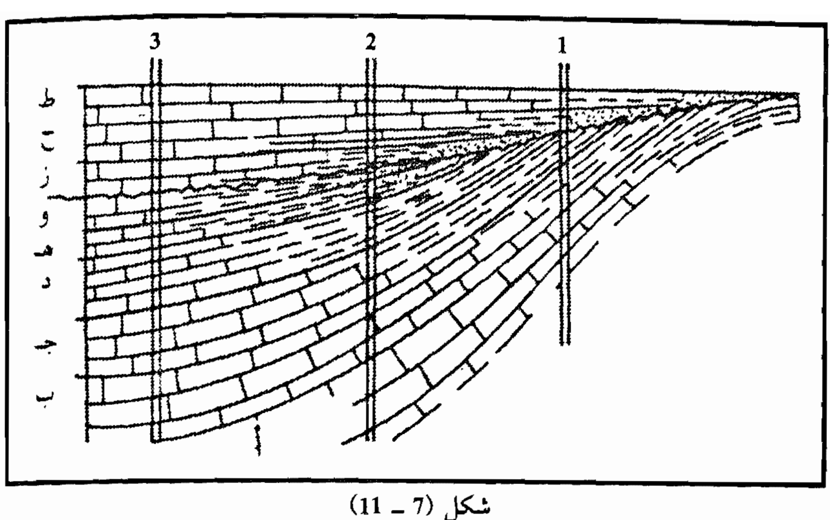
تقدم وتراجع البحر (Transgression & Regression)

إن العلاقة بين الأحواض البحرية والمناطق القارية المجاورة لها تعكس الاختلاف بين الترسيب والتعرية، فالأحواض البحرية تمثل مناطق الترسيب والمناطق القارية المجاورة لها تعكس مناطق التعرية... وأي تغير في الرسوبيات سببه الاختلاف في مناطق الترسيب داخل وخارج الحوض البحري سببه عوامل تقدم البحر وتراجعه خلال فترات زمنية معينة... وبالإمكان رسم حدودالأحواض البحرية السابقة استناداً إلى طبيعة الرواسب.

الاعتلاء (Overlap) والتنحي (Off Lap)

إن تقدم وانحسار البحر يؤثر على طبيعة العلاقات الجانبية والعمودية للكتل الصخرية... والشكل (7 ـ 11) يوضح الرسوبيات الناتجة عن تقدم البحر الذي يؤدي إلى اعتلاء الرسوبيات كما أن تراجعه يؤدي إلى تنحي هذه الرسوبيات... فالوحدات من أ ـ ط تمثل وحدات صخرية ترسبت في فترة تراجع تدريجي للبحر نحو الغرب كما أن الوحدات الصخرية المترسبة هي الرمل، الطفل، الحجر الجيري وهي تعكس ترسبات الأعماق المختلفة لمياه البحر. فالرمل يمثل ترسبات خط ساحل البحر (Strand Line) والطفل يمثل ترسبات المناطق القريبة من الساحل (Near Shore) والحجر الجيري يمثل ترسبات المناطق البعيدة عن الساحل (Off Shore) والمناطق العميقة... أما المناطق العميقة جداً فيترسب فيها عادة السليكا (وهي غير موضحة في الشكل (7 ـ 11)).

والسبب في تكوين تجمعات السليكا في الأعماق السحيقة من البحر هو أن تلك المناطق تكون بعيدة جداً عن الساحل لذا فإن الترسبات الفتاتية (الرمل والطفل) لا تتواجد فيها. كما أن الحجر الجيري الذي مصدره هياكل الأحياء يتعرض في الأعماق الكبيرة يتعرض للإذابة بسبب زيادة الضغط. والسليكا التي تتجمع في تلك الأعماق مصدرها هياكل بعض الأحياء كالراديولايا والداياتوم...



شكل (7 ـ 11)

الاعتلاء والتنحي

(محوّر من كتاب Krunbein & Sloss, 1963).

إن مجمل العلاقة بين الوحدات من (أ إلى و) نسميها التنحي. . . ولو ألقينا نظرة إلى الوحدات من ز إلى ط فإننا نلاحظ تقدم الوحدات الصخرية الرملية نحو الشرق وذلك يعني أن خط ساحل البحر قد تقدم باتجاه الشرق وتقدم البحر ينتج عنه ترسبات متراكبة الواحدة فوق الأخرى ونسميها «بالاعتلاء» (Overlap). إذا افترضنا أنه قد تم حفر ثلاثة آبار في المواقع الموضحة في الشكل فإن البئر رقم (1) تظهر فيها طبقات تمثل تقدم البحر قطعت طبقات تحتها تمثل انحسار البحر ويفصل بين المجموعتين من الطبقات عدم توافق مائل (زاوي). . . كما أننا لو تعقبنا إلى الأسفل الطبقات الصخرية للاحظنا ترسبات رملية ساحلية وإلى الأسفل منها يوجد الطفل بصورة مفاجئة وتعقب هذه الطبقة من الطفل طبقة أخرى من الطفل تمثل ترسبات قريبة من الساحل.

في البئر رقم (2) لا تظهر حالة عدم التوافق كما لاحظناها في البئر رقم (1) بين حالة الانحسار والتقدم للبحر بل يوجد هنا اختلاف في التتابع العمودي لأنواع وبيئات الرسوبيات. ويشاهد وجود ترسبات البحر العميق في الأسفل تعقبها نحو الأعلى الترسبات الساحلية ثم الترسبات البحرية العميقة مرة أخرى.

في البئر رقم (3) لا تظهر حالة عدم التوافق ولا التغير في نوعية الرسوبيات

بل إن البئر تمر بطبقات جميعها من نوع واحد هو الحجر الجيري إلا أن ترسبه كان في أبعاد مختلفة من ساحل البحر، أي بعبارة أخرى بيئة الأعماق. لذا فإننا نستند إلى الأحافير في تعيين بيئة ترسيب كل طبقة من الحجر الجيري... فالطبقات من أ ـ و سوف تتدرج فيها الأحافير من الأصناف التي تعيش في الأعماق أ إلى الأصناف التي تعيش في المناطق الأقل عمقاً وهي و... ثم يحدث تغير عكسي في أصناف الأحافير التي تعيش في مناطق قليلة العمق نسبياً وهي هـ.و.ر. إلى أحافير تمثل مناطق أكثر عمقاً في ط وبذا فقد يمكننا تحديد تراجع البحر وتقدمه بواسطة الأحافير.

الفصل الثامن

المضاهاة (Correlation)

هي عملية إظهار درجة التماثل أو التكافؤ، وفي علم الطبقات فإن العملية تعني إظهار العلاقات المتكافئة (المتساوية) نسبة إلى الزمن - أي التماثل في العمر.

كما أن المضاهاة الطبقية هي إظهار مدى المساواة أو التماثل بين وحدتين طبقيتين في منطقتين أو أكثر.

وقد سبق أن أوضحنا مفهوم الوحدات الطباقية وهي الوحدات الطباقية الصخرية والوحدات الطباقية الحياتية والوحدات الطباقية الزمنية... فعملية المضاهاة قد تتم بين مقطعين طباقيين صخرين أو أكثر أو مقطعين طباقيين حياتيين أو أكثر... وهكذا فإن عملية المضاهاة تجري بين وحدات من نفس الصنف ولا تتم بين وحدة طباقية صخرية ووحدة طباقية حياتية.

لذا فإن وجود مجموعتين من الصفات في الصخور أدى إلى إمكانية تقسيم الصخور إلى مجموعتين، الأولى هي التي تشخص لصفاتها الفيزيائية الظاهرة وتتحدد عامودياً وجانبياً في نقاط تغير تلك الصفة الفيزيائية وتشمل المجموعة، التكوين... الخ ونسميها الوحدات الطباقية الصخرية. ومن الممكن أن تشخص على السطح وتحت السطح وأحياناً تشخص تحت السطح فقط (كبعض التكاوين

في جنوب العراق) وهي الوحدات الرئيسية التي تستعمل في رسم الخرائط الجيولوجية، والمناطق الجيولوجية وبالإمكان تلخيص صفات هذه الوحدات بالقول إنها تستند إلى صنفين رئيسيين هما:

(أ) إنها ذات صفة صخرية ثابتة أو متجانسة.

(ب) إن بالإمكان وضعها على الخريطة.

المجموعة الثانية من الصفات هي التي لا تظهر بالعين المجردة بل التي تستند على الصفات الكهربائية أو التحليل الكيمياوئي وما يماثلها من الصفات التي تحدد بالتحليل والدراسات المختبرية... وتسمى الوحدات المماثلة للوحدات الطباقية (أو الوحدات شبه الطباقية).

الوحدات المماثلة للوحدات الطباقية (Parastratigraphic Units)

إنه تجميع للطبقات إلى وحدات استناداً إلى صفات داخل الصخور تختلف عن الصفات الفيزيائية التي شخصت على أساسها الوحدات الطباقية الصخرية. كما أنها تختلف عن الوحدات الطباقية الصخرية في صعوبة وضعها على الخريطة وفقدانها للتجانس الصخري أو لعدم استمرار الصفة الصخرية في كافة أجزائها...

إن الصفات الفيزيائية التي أشرنا إليها التي على أساسها يمكن أن تجمع الطبقات والصخور إلى «وحدات مماثلة للوحدات الطباقية» هي:

1 ـ ميزات أو صفات خاصة لمكوناتها الطباقية منها:

(أ) مكوناتها من المعادن الثقيلة.

(ب) البقايا غير الذائبة.

(جـ) محتوياتها من العناصر النادرة (القليلة).

2 ـ صفات تقاس أو تشخص بصورة غير مباشرة، ومثالها سرعة انتقال الطاقة الصوتية، الميزات الزلزالية. صفاتها حسب السجلات الآلية الكهربائية وغيرها من التي ذكرناها في فصل خاص بالجس الآلي... وسوف نتطرق بشيء من التفصيل إلى هذه الصفات.

(أ) المكونات المعدنية الثقيلة (Heavy Minerals)

وتسمى أيضاً المعادن الثانوية (Accessory Minerals) وقد أطلقت عليها التسمية ثانوية لأنها أقل تواجداً من المعادن الرئيسية المكونة للصخور الرسوبية الفتاتية (Clastic).

إن من المعادن النموذجية الموجودة في الصخور الرملية هي: الماجنتايت (Magnetite)، الإلمنايت (Ilmenite)، التورمالين (Tourmaline)، الجارنت (Garnet) الزركون (Zircon) والروتايل (Rutile).

وقد أطلقت عليها تسمية المعادن الثقيلة وذلك لأن كثافتها أعلى من كثافة المعادن الرئيسية المكونة للصخور الفتاتية كالكوارتز والفلسبار... وهي توجد بكميات قليلة عادة ولكنها ثابتة في الحجر الرملي... إن المعادن الثقيلة (الثانوية) مشتقة من الصخور الأم وقد تقاوم دورات التعرية والنقل أكثر من غيرها من المعادن ولذا فهي مفيدة في تحديد مصدر الصخور لاحظ الجدول (8 ـ 1).

أما المعادن الرئيسة الموجودة بشكل اعتيادي في الصخور الرسوبية فهي: الصوان (الجرت) (Chert)[1] الكالسيدوني (Chalcedony) الفلسبار (Feldspar)، المايكا (Mica)، المعادن الطينية (Clay Minerals)، أكاسيد الحديد (Iron Oxides)، الكالسايت (Calcite)، الدولومايت (Dolomite)، المتبخرات (Evaporite) كالجبس (Gypsum) والانهايدرايت (Anhydrite).

فصل المعادن الثقيلة

إن فصل المعادن الثقيلة عن الخفيفة يتم بعدة طرق... والطريقة الاعتيادية هي استخدام سائل ذي وزن نوعي 2,9 مثل البروموفورم ($CHBr_3$) يوضع في دورق توضع فيه قطع الحجر الرملي بشكل مفتت. فالمعادن الخفيفة مثل الكوارتز والفلسبار ذات وزن نوعي يقرب من 2,7 تطفو على سطح السائل بينما المعادن

(1) يوجد أحياناً بشكل طبقة ويمكن اعتباره حينئذ صخراً... فالصوان معدن وصخر أيضاً. وكذلك الجبس.

الأثقل مثل الماجناتايت (الوزن النوعي 5,2) الزركون (الوزن النوعي 4,6) والتورمالين (الوزن النوعي 3,5 ـ 4,3) تغوص داخل الدورق... تفصل المعادن الخفيفة بسكب سائل البروموفورم ببطء والمعادن الخفيفة على سطحه على قمع به ورق نشاف فتبقى المعادن الخفيفة على ورق النشاف والمعادن الثقيلة في قاع الدورق... تؤخذ المعادن الثقيلة وتجفف ثم توزن ثم تشخص بواسطة المجهر وتحسب نسبتها. وهناك طرق أخرى أكثر تفصيلاً في فصل المعادن الثقيلة منها الطريقة الكهربائية الثابتة المغناطيسية (Magnetic electrostatic).

إن المعادن الثقيلة الموجودة في الصخور الفتاتية قد يكون مصدرها من صخور نارية ومتحولة كما أن قسماً منها يأتي من صخور رسوبية تعرضت للتعرية مرة ثانية... وهناك معادن تتشكل مع الصخور الرسوبية «المعادن ذات المنشأ المعاصر للصخور» (Authigenic minerals).

مجاميع المعادن الثقيلة

توجد في الجدول (8 ـ 1) مجاميع المعادن الثقيلة الموجودة في الرسوبيات وقد وضعت بأعمدة تحت الصخور التي اشتقت منها.

لقد لوحظ بأن المعادن الثقيلة المنقولة من الصخور الأصلية نارية أو متحولة والتي تعرضت حديثاً للتعرية تكون معادنها الثقيلة ذات حافات حادة (Angular) غير مستديرة مع ملاحظة بعض سطوح الانفصام فيها (Cleavage) وأوجه البلورات... كما نلاحظ في مجموعة هذه المعادن الثقيلة وجود معادن لا تثبت في تعرية طويلة مثل الهورنبلد والبايوتايت.

بينما الرسوبيات المتكونة من تعرية صخور رسوبية سابقة تحوي على معادن ذات حافات مستديرة وتحوي ضمن مجموعة المعادن الثقيلة على معادن أكثر ثباتاً (أكثر مقاومة لعوامل التعرية) مثل التورمالين والزركون. إن هذه المظاهر تعني تكرار التعرية وزوال المعادن الأقل ثباتاً. إن الجدول (8 ـ 1) يوضح بعض المعادن التي تعتبر أساساً في تشخيص صخور المصدر وخاصة إذا نظر إليها كمجموعة من المعادن وليست معادن منفصلة... لذا فإن تحليل وجود المعادن

الجدول (8 ـ 1)

مجاميع المعادن الثقيلة التي تميز صخور المصدر

صخور المصدر		المعادن الناتجة من التعرية			
الصخور النارية الحامضية والمتوسطة	اباتايت (Apatite)	بايوتايت (Biotite)	هوربنلد (Hornblende)	مونازايت (Monazite)	مسكوفايت (Muscovite)
	تياناتايت (Tinatite)	زركون (Zircon)			
الصخور المتحولة	اندلوسايت (Andalusite)	كارنت (Garnet)	كلوكوفين (Glaucophane)	هوربنلد النوع أزرق ـ أخضر (Hornblende)	
	كاينات (Kyanite)	سليمانيت (Sillimanite)	ستورولايت (Staurolite)		
بكماتايت (Pegmatite)	كاسبترايت (Cassiterite) ولفرامايت (Wolframite)	فلورايت (Fluorite)	توباز (Topaz)	تورمالين (Tourmaline)	
صخور نارية قاعدية وفوق قاعدية	اناتيس (Anatade)	أوجايت (Augite)	بروكايت (Brookite)	كرومايت (Chromite)	
	هايبرسين (Hyperthene)	إلمنايت (Ilmenite)	ليوكوكسين (Leucoxene)	أوليفين (Olivine)	
	روتايل (Rutile)				
الصخور الرسوبية المتعرضة لتعرية	كلوكونايت (Glauconite)	خامات الحديد (Iron ores)	كوارتز (Quartz)		
	كلوكونايت (Glauconite)	خامات الحديد (Iron ores)	كوارتز (Quartz)	روتايل (Rutile)	
	تورمالين (Tourmaline)	زركون (املس الحافات) (Zircon)			

الثقيلة يتطلب الأخذ بنظر الاعتبار نسب تواجد المعادن ودرجة استدارة المعادن وتأثير المحاليل وعوامل أخرى.

إن مجاميع المعادن الموجودة لا تدلل على مصدر الصخور فقط بل تشير إلى تأثير أحواض الترسيب أيضاً لأن بعض المعادن تختفي بسبب العوامل المؤثرة في حوض الترسيب وقد عبر عنها بعبارة إذابة بشكل انتقالي (Selctive dissolution).

إن محتويات الصخور من العناصر قد استخدمت عدة طرق جيوكيميائية بتقنية متقدمة لتشخيصها مثال الأشعة السينية الوميضية (Fluorescent X - Ray).

البقايا غير الذائبة (Insobuble Residue)

إن تحليل المعادن الثقيلة يتم عادة في الصخور الفتاتية، أما في الصخور غير الفتاتية مثل الحجر الجيري والدولومايت فتستخدم طريقة معاملتها بحامض الهيدروكلوريك المخفف فتذوب المواد الكربوناتية وتبقى المواد غير القابلة للذوبان بالحامض المذكور. ومن هذه المواد فتات الرمل والسلت والمعادن الثانوية.

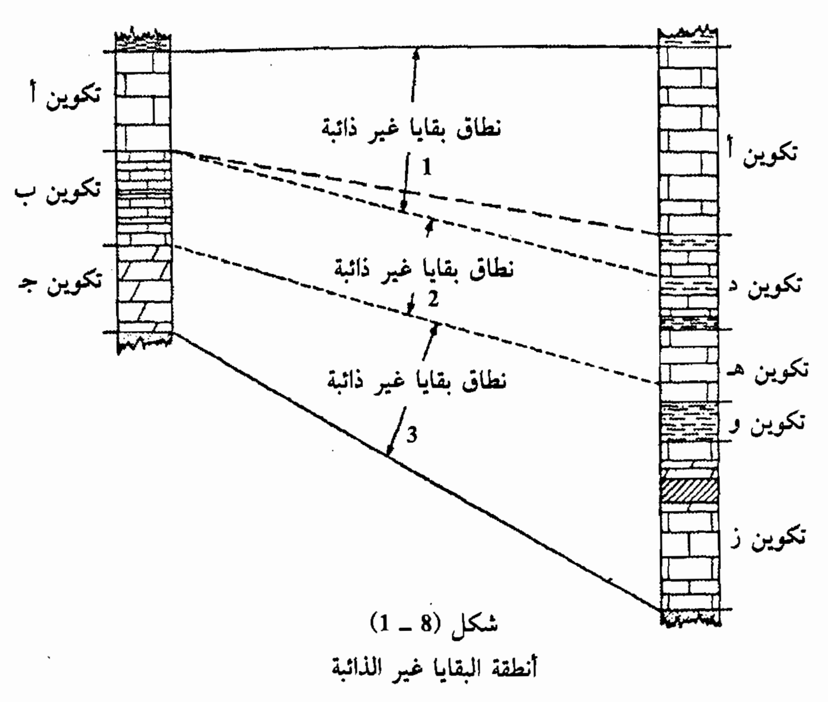
تؤخذ نماذج وتسحق وتوضع في حامض الهايدروكلوريك المخفف حتى تذوب جميع المواد الكربوناتية وتغسل البقايا وتجفف وتوزن وتدرس بصورة تفصيلية.

وفي بعض الحالات فإن البقايا الذائبة توجد بشكل مجاميع مثالية أو بوفرة نسبية وتفيد في المضاهاة. فبعض طبقات الحجر الجيري والدولومايت التي تحوي على نسبة قليلة من المتحجرات وذات صفات عامة متماثلة لمسافات طويلة ولها سمك كبير قد تكون فيها بعض الأنطقة التي تحوي على بقايا غير ذائبة متماثلة تمتد لمسافات كبيرة لاحظ الشكل (8 ـ 1).

العناصر النادرة (القليلة) في الصخور الرسوبية

إن العناصر التي توجد بكمية كبيرة في الصخور تسمى العناصر الرئيسية

وهي ثمانية: الأوكسجين، السليكون، الألمنيوم، الحديد، الكالسيوم، الصوديوم، البوتاسيوم، المغنيسيوم.



شكل (8 ـ 1)

أنطقة البقايا غير الذائبة

إن الشكل (8 ـ 1) على سبيل المثال يوضح نطاق لبقايا غير ذائبة محصورة في حدود تكاوين أ، ب، جـ في منطقة المقطع الأيسر وقد أمكن تعقب البقايا غير الذائبة في منطقة ثانية ـ المقطع الأيمن ـ ويلاحظ بأن هذه البقايا تنحصر بحدود الوحدات للتكاوين أ، ب، جـ ولكنها لم تنحصر بحدود التكاوين د، هـ، و، ز في المقطع الثاني. إن أنطقة البقايا غير الذائبة هذه لا تشكل وحدات رسمية بل على العكس فإنها تمتد عبر حدود الوحدات الرسمية الأصلية ونعني بها في هذه الحالة التكاوين.

والعناصر الأخرى عدا الثمانية التي ذكرت تسمى «عناصر نادرة» (Trace elements) وأحياناً تسمى ثانوية (Accessory)... ومن أمثالها الذهب والزركون والبلاتين. إن تطوير وسائل تقنية جديدة كالتشخيص بالطيف (Spectrographic) أدى إلى إمكانية تشخيص مكونات كيميائية تتواجد بكمية قليلة في الصخور ومنها العناصر النادرة (Trace elements) وقد أطلقت عليها هذه العبارة «آثار» (Trace) لأنها قليلة جداً. فهي توجد بنسبة تتراوح بين أقل من جزء واحد من المليون إلى عدة مئات من الأجزاء من المليون (أقل من 1/1,000,000 أو

(600 /1,000,000) . . ووجود هذه العناصر على ندرتها يفيد في الاستنتاجات الكيميائية.

فوجود قسم منها قد يشير إلى وجود كتل لخامات مهمة وذلك لأنها تتواجد بصورة مشتركة مع تلك الخامات.

مثال على ذلك أن الفناديوم (Vanadium) يوجد عادة بشكل مشترك مع اليورانيوم وبذلك فإن وجود الفناديوم يعطي الدليل على احتمال وجود اليورانيوم. أن التحليل الكيميائي للصخور أصبح أحد الوسائل التي تستغرق بعض الوقت وتحتاج إلى خبرة خاصة. . . وتحليل الصخور ذات الحبيبات الكبيرة يمكن أن يتم بتعيين المعادن المكونة للصخرة أما في حالة وجود حبيبات دقيقة كالطين (Clay) فإن تشخيص نوعية المعدن بواسطة المجهر عملية صعبة. . . لذا فتشخيص المكونات الكيميائية يتم بواسطة تقنية خاصة حيث تشخص العناصر الرئيسية بواسطة طرق التشخيص السريعة «Rapid method» والعناصر النادرة بواسطة الطرق الكيميائية الطيفية «Spectrochemical procedure».

الطرق الجيوفيزيائية

قد تشخص من قبل الجيوفيزيائيين في المسوحات الزلزالية وحدات مماثلة للوحدات الطباقية (Parastratigraphic Units) استناداً إلى التغير في سرعة الموجة الزلزالية. فالمسح الزلزالي (Seismic Survey) يستخدم بصورة كبيرة في المناطق التي حصل فيها الجيولوجيون على معلومات قليلة من المكاشف الصخرية أو الآبار.

الوحدات الدالة (Marker defined units)

اعتاد الجيولوجيون على تشخيص واختيار طبقات ذات صفة صخرية متميزة يسهل التعرف عليها وتعقبها وأطلق على هذه الطبقات اسم الطبقة المفتاح (Key bed) أو المستويات الدالة (Marker horizons). ومثالها طبقات الفحم أو طبقة محددة بطبقتين من الحجر الجيري أو طبقة بنتونايت (Bentonite) ـ وهو حجر

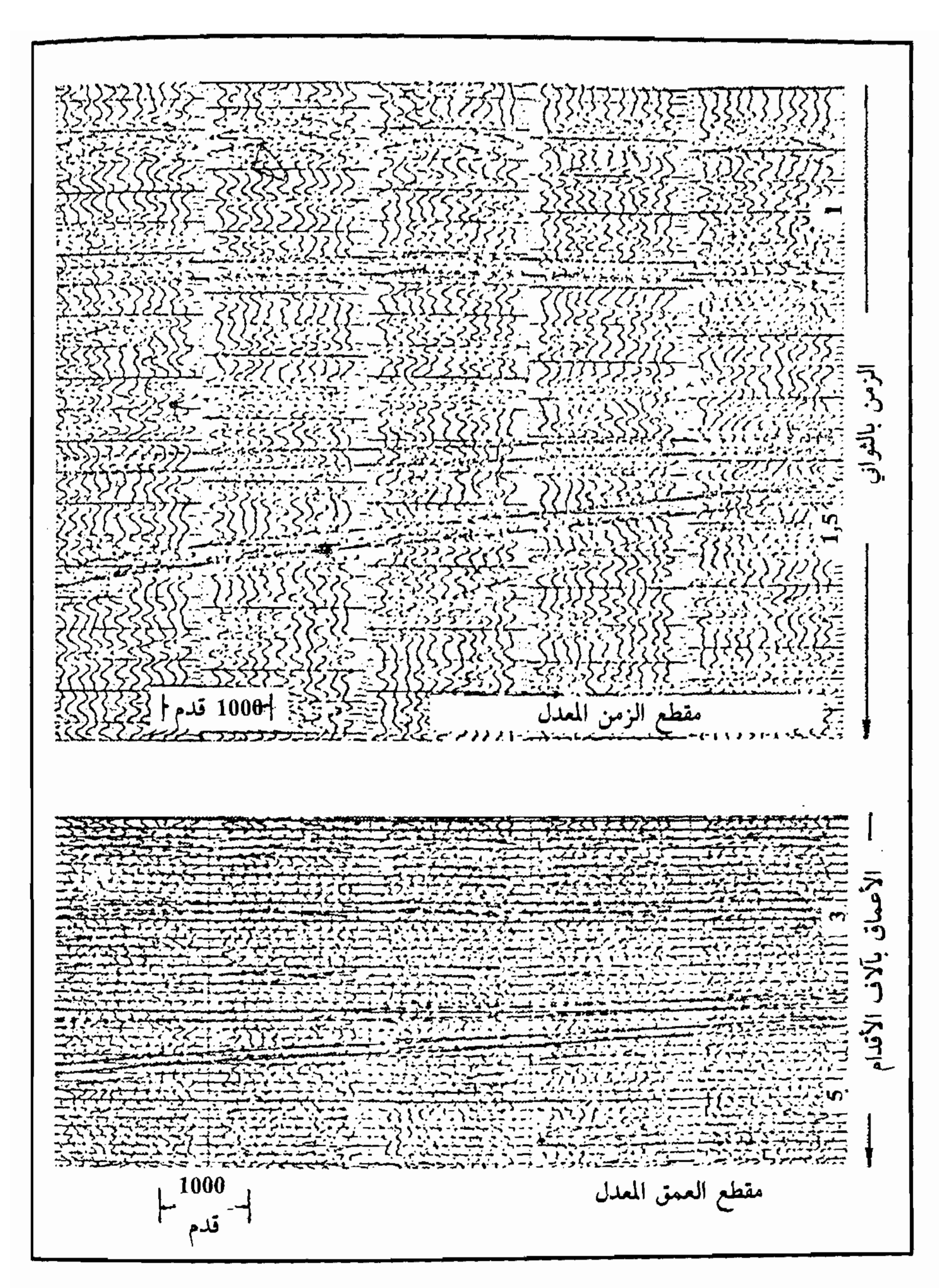
طيني ويحوي بصورة أساسية معدن المونتموريلونايت الذي يتكون نتيجة تحلل الغبار البركاني.

في الدراسات الطباقية تحت السطح فإن الطرق المتعددة لمخططات الجس الميكانيكية (Mechanical well Logging) جعلت بالإمكان تشخيص عدة طبقات دالة تحت السطح ويمكن تعقب بعضها لمسافات بعيدة.

إن السهولة التي يمكن فيها تشخيص الطبقات الدالة تحت السطح بواسطة هذه الطرق جعلت بالإمكان الاعتماد عليها في تشخيص وحدات طباقية صخرية تحت السطح... كما أن عامل الوقت والصعوبة النسبية والجهد الكبير المبذول لتشخيص بعض حدود الوحدات الصخرية جعل الجيولوجيين يتجهون إلى الاعتماد على الوحدات الدالة... ففي الدراسات الزلزالية على سبيل المثال فإن الانحراف المفاجئ المسجل بواسطة أجهزة التسجيل الدقيقة يمثل حدود الطبقات الدالة تحت السطح (لاحظ الشكلين (8 ـ 2 و8 ـ 3)). وحينما لا تكون هناك معلومات مؤكدة عن الوحدات الطباقية الصخرية فإن العلاقة بين الانحرافات المفاجئة والوحدات الرسمية مسألة تخضع للاحتمالات التقريبية. كما أن المحور العمودي في الشكل (8 ـ 2أ) يمثل الزمن المستغرق وليس الأعماق... ولا يمكن تحديد العمق والسمك بدون معلومات عن السرعة... وتحت هذه الاعتبارات فإن الوحدات الدالة هذه تقع ضمن مجموعة الوحدات المماثلة للوحدات الطباقية.

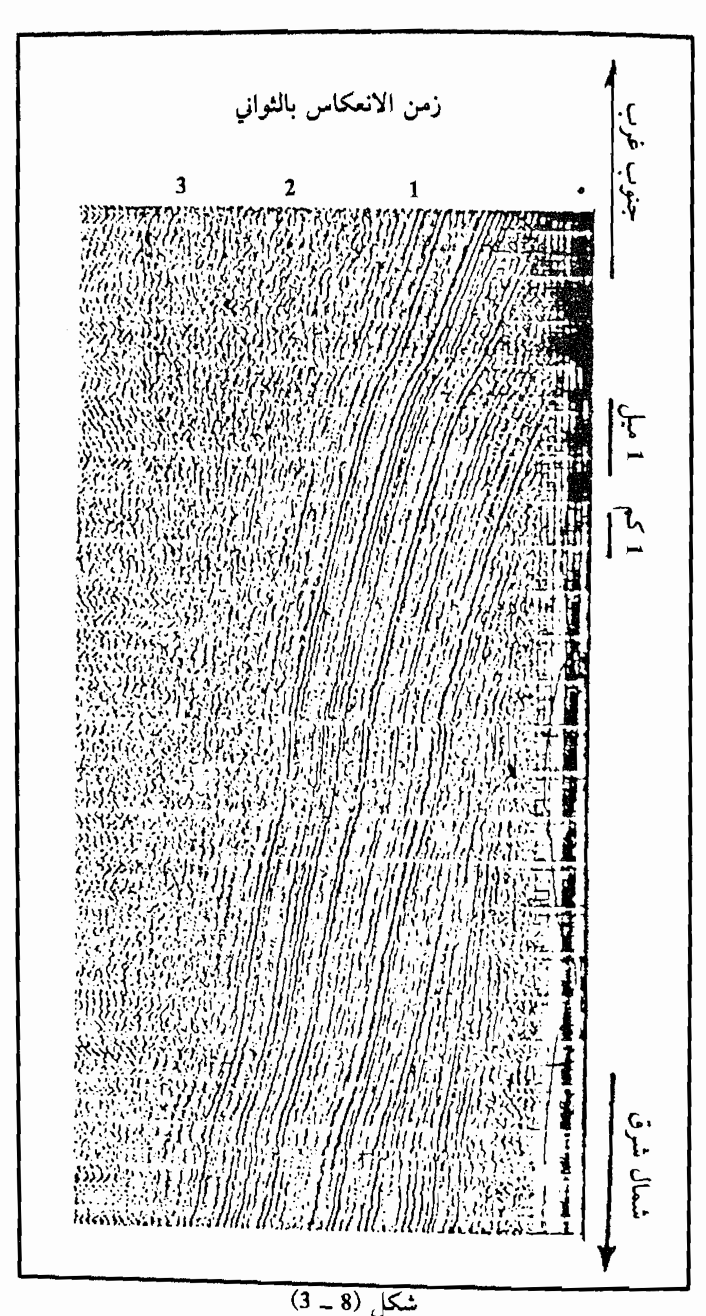
حينما تكون هناك معلومات عن السرعة من آبار محفورة وخاصة حين استخدام مجسات سرعة الصوت فإن السجلات الزلزالية يمكن أن تعدل على أساسها ويتحدد العمق الحقيقي أو ارتفاع مستوى سطح البحر كما نلاحظ في الشكل (8 ـ 2 ب).

وبذا فإن مستويات الانحراف يمكن أن نقول بشيء من التأكيد أنها تمثل حدود الوحدات الطباقية الصخرية أو تقارن بحدود تلك الوحدات.



شكل (8 ـ 2)

وحدات مماثلة للطباقية محددة بواسطة مستويات الانعكاسات الزلزالية في الصورة العليا (أ) البعد العمودي يمثل زمن مسار الموجة... في الصورة السفلى (ب) فإن الزمن قد أعيد حسابه ليصبح عمقاً ووحدته آلاف الأقدام وذلك باستخدام معلومات السرعة.



شكل (8 ـ 3)

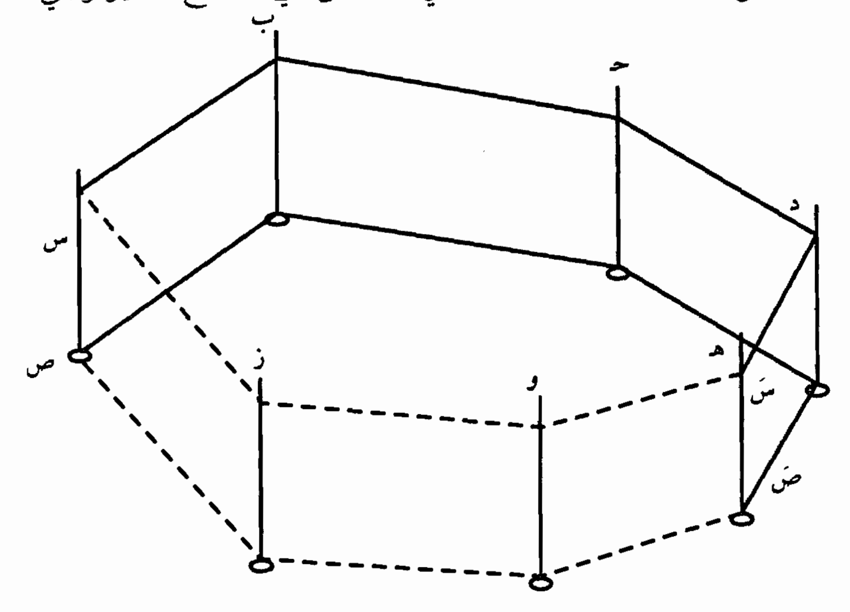
مقطع زلزالي تظهر فيه الصخور الرسوبية بشكل طبقات وهي ذات ميل (Dip) باتجاه الشمال الشرقي (اليمين). صخور القاعدة في الأسفل بالمستويات المقابلة لزمن الانعكاس 1,5 ثانية في الجنوب الغربي و2,5 ثانية في الشمال الشرقي.

(معدلة من Hyne, 1984)

طرق مضاهاة الوحدات الطباقية الصخرية

إن هناك طرقاً متعددة وأساليب تقنية من الممكن تطبيقها لمضاهاة الوحدات الطباقية الصخرية، وإن اختيار الطريقة الملائمة يعتمد على طبيعة الدراسة التي يتطلب انجاز مضاهاة المقاطع بها وقد يستخدم البعض طريقتين أو أكثر لتحقيق المضاهاة.

وفي معظم الحالات فإن إظهار التماثل يتم بواسطة مسارات مضاهاة مقفلة (Closed Correlation traverse) أو شبكات المضاهاة (Correlation networks) (لاحظ الشكل (8 ـ 4)) مماثلة لتلك التي تستعمل في المسح الجيولوجي.



شكل (8 ـ 4)
طريقة المضاهاة المقفلة

فالشكل (8 ـ 4) يوضح مخطط سياج مضاهاة (Fence diagram) مبيناً خطوط المضاهاة (Correlation traverse) ففي الموقع أ فإن المستويات الطباقية س و ص تمثل الحدود العليا والسفلى لوحدة طباقية صخرية معينة، والمواقع من ب إلى ز هي مواقع للملاحظة ومضاهاة الوحدة من أ إلى هـ ومن خلال النقاط

ب، جـ، د قد عينت بخطوط سوداء غير مقطعة مما يشير بأن سطوح الاتصال العلوية (س) والسفلية للوحدة (ص) تمثل مستويات طباقية مكافئة للسطحين الأصليين العلوي (س) والسفلي (ص).

ولو افترضنا بأن هناك نية في تبيان المضاهاة مع النقاط و و ز والعودة إلى أ من اتجاه آخر فإن ذلك يتوضح بالخطوط المقطعة التي وصلت بين النقاط (أ ـ ز، ز ـ و، و ـ هـ) وبذا فقد تكاملت شبكة المضاهاة (Correlation network) بواسطة سلسلة من خطوط التوصيل التي أدت إلى تكوين سياج مضاهاة مقفل (Correlation traverses).

تعقب الطبقات الصخرية

(أ) تعقب المكاشف الصخرية

من الأساليب الأساسية في إجراء المضاهاة تعقب الوحدة الصخرية في الحقل سيراً على الأقدام... وقد تتم عملية إجراء المضاهاة بتعقب طبقة دالة في الحقل لتساعد في تشخيص التعاقب الطباقي، وكلما كان المكشف الصخري واضحاً كانت عملية تعقبه أسهل... ومما قد يجعل تعقب المكشف الصخري صعباً وجود بعض النباتات التي تغطي المكشف أو أن يغطى المكشف بالمواد المتعرية من الطبقات العليا.

وتستعمل الصور الجوية في تحديد امتدادات الطبقات الصخرية في مساحات واسعة حتى لو كانت بعض أجزائها مغطاة بالنباتات لأن نمو بعض النباتات في تربة معينة يسهل عملية التشخيص وذلك من خلال تشخيص النباتات وامتداداتها.

(ب) تعقب الطبقات تحت السطح

تتم عملية المضاهاة تحت السطح من بئر إلى آخرى إما بدراسة السجلات الكهربائية أو مضاهاة نماذج الصخور التي قد تكون من الفتات أو اللباب... كما أن المضاهاة الطباقية الحياتية تتم أيضاً بدراسة الأحافير تحت السطح كما في دراسة الأحافير من المكاشف الصخرية.

وقد استخدمت طرق أخرى لاجراء المضاهاة بين الآبار منها سلوك السوائل في الآبار التي تنتج الغاز أو النفط أو آبار المياه الجوفية. . . فمثلاً إذا كان إنتاج بئر من النفط يؤثر على الضغط في داخل بئر ثانية أو تغيرات نسبة النفط إلى الغاز فيها فذلك يعطي دليلاً على أن طبقات الإنتاج في البئرين واحدة.

وفي حالة آبار المياه الجوفية فإن سحب الماء من بئر قد يؤثر على ضغط الماء وارتفاعه في بئر آخرى وهذا يعتبر دليلاً على أن طبقة الخزان الجوفي (Aquifer) هي واحدة.

وقد أجريت تجارب لاختبار استمرارية خزان جوفي بوضع صبغة أو مواد مشعة ذات تأثير غير ضار في أحد الآبار وملاحظة انتقال الصبغة أو تشخيص المواد المشعة في آبار أخرى.

تطابق الصفة الصخرية

إن الصفات الفيزيائية للوحدات الطباقية تعتبر عاملاً أساسياً في عملية المضاهاة. . . واللون هو أبرز صفة طبيعية في الصخور التي على أساسها تتم المضاهاة.

ففي مناطق من شمال العراق مثل دهوك فإن الجيولوجيين يتمكنون من تحديد تكوين جركس في المناطق القريبة من دهوك وذلك بلونه الأحمر الواضح السائد في صخوره وخاصة حينما نغادر دهوك باتجاه الشمال. . كما أن تكوين كولوش معروف بلونه المائل إلى الاخضرار وعلينا أن ندرك أن استعمال ميزة اللون لا يمكن تطبيقها في جميع المناطق بل إن استعمالها محدد بمناطق سبق أن تكونت لدينا فكرة أولية عن تعاقب صخورها. . . وعلى الجيولوجي أن لا يعتمد على اللون في تشخيص طبقات لمناطق متباعدة ليست لديه فكرة أولية مبدئية عن تعاقب صخورها أو أعمالها. . . ونخلص من هذه الملاحظة إلى أنه ليس جميع الصخور الحمراء في المناطق الشمالية من العراق تعود لتكوين جركس بل من الممكن أن تلاحظ صخور أخرى بهذا اللون ولكن في تعاقب صخور من الكريتاسي الأعلى وحتى البلاسبي فإن الصخور ذات اللون الأحمر السائد هي

تكوين جركس. وفي الولايات المتحدة الأميركية هناك تكوين جكووتر (Chugwater Fn.) في ولاية وايومنج (Wyoming) يمكن أن يشخص في جميع أنحاء الولاية وذلك بميزة لونه الأحمر الصارخ.

لذا فإن أية صفة أو مجموعة من الصفات قد يشخصها الجيولوجي في الحقل يمكن أن تفيد في عملية المضاهاة... كالتطبق وسمك الصخور والمكونات المعدنية العامة... الخ.

وفي المناطق القريبة من الموصل ـ كبعشيقة وعين الصفرة ـ لاحظنا وجود عقد من الصوان الحاوية على أكاسيد الحديد تغطي السطح العلوي لتكوين بلاسبي، لذا يمكن استخدام هذه الصفة في مضاهاة سطوح هذا التكوين في تلك المناطق.

وفي الدراسات تحت السطحية استخدمت بعض الصفات للتأكد من مضاهاة الطبقات مثلاً نوع معدن الطين (Clay) في الطفل (Shale).

الصفة الكهربائية التي أشرنا إليها.

المواد المشعة الموجودة في الطبقات.

الوقت الذي تستغرقه الحفارة في النزول في طبقات صخرية.. ففي منطقة بنجوين في شمال العراق، لاحظنا في عام 1958 خبرة أحد الحفارين بمعرفة وصوله إلى طبقة من الحجر الجيري وذلك من ملاحظة الوقت الذي يستغرقه أنبوب الحفر بالنزول وذلك قبل أن تسحب أنابيب الحفر وتجمع النماذج.

واستخدمت الصفة الفيزيائية لماء الخزان الجوفي ـ كدرجة ملوحته ـ في تعيين أولي لطبقة خازنة للمياه الجوفية إذا كانت تلك الطبقة معروفة باحتوائها على مياه ذات صفات خاصة كالملوحة العالية.

استعمال الأحافير

إن الأحافير تستخدم عادة في المضاهاة الطباقية الحياتية والطباقية الزمنية... ولكن بعض الأحافير الكبيرة الواضحة للعيان يمكن أن تصبح صفة فيزيائية في

الصخرة وتميزها عن غيرها من الصخور حتى إن لم تكن هناك معرفة دقيقة بنوعها (Species) أو عمرها... مثال طبقات الحجر الجيري الحاوية على أعمدة الزنبقيات (Crinoides) أو تكوين عقرة الجيري الحاوي على محاريات كبيرة تسمى الرودست (Rudist). وهناك حالات استخدم فيها عمر الصخرة للتفريق بين الوحدات الطباقية الصخرية ففي العراق يشير كتاب «Lexique» إلى أن التفريق بين تكويني الفرات (Euphrates Linestone) والجريبي (Jeribe Limston) يتم بواسطة الأحفورة الدقيقة Borelis melo Var. curdica التي توجد في تكوين جريبي ولا توجد في تكوين الفرات.

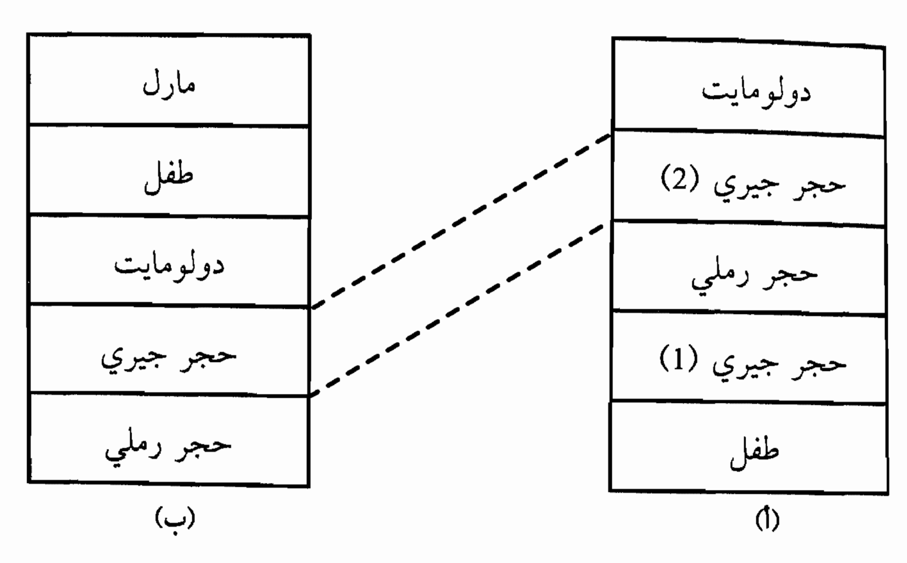
إننا نوصي بعدم استخدام الأحافير الدقيقة للتفريق بين التكاوين المتماثلة في صفاتها الصخرية بل من الأفضل البحث عن صفة طبيعية في التكاوين بحيث تتميز عن غيرها... ومن الأفضل في حالة التكوينين المتماثلين (الجريبي والفرات) أن نسقط إحدى التسميتين وتبقى تسمية واحدة وتستخدم التسمية الأقدم حسب قانون الأولوية في التسميات.

الموقع في تعاقب طباقي

إن الصفة الصخرية تعتبر أساساً في المضاهاة ولكن في حالة تشابه عدد من الطبقات في مكوناتها الصخرية فإننا نتبع أسلوباً آخر في مضاهاة طبقة معينة في ذلك التتابع الطباقي... ذلك هو موقع الوحدة المعينة بالنسبة للطبقات التي تقع تحتها وفوقها.

فلو كان لدينا في منطقة ما طبقتان متماثلتان من الحجر الجيري إحداها تقع فوق طبقة من الطفل وتقع فوقها طبقة من الحجر الرملي والطبقة الثانية قد تقع تحتها طبقة الحجر الرملي وفوقها طبقة من الدولومايت كما موضح في الشكل (8 ـ 5)، فإن هذا التعاقب لطبقات صخرية تتوضح منه أهمية الموقع في التتابع الطبقي في المضاهاة. ولذا فإن مضاهاة الحجر الجيري الذي أشرنا إليه برقم (2) في المقطع (أ) سيكون مع الحجر الجيري في المقطع (ب) واستبعدنا احتمال كون الحجر الجيري في (ب) هو الحجر الجيري (1) وذلك لأن التتابع (وليست الصفة

الصخرية) أصبحت هي الدليل الأساسي في عملية المضاهاة.



شكل (8 ـ 5)
المضاهاة استناداً إلى التتابع في الصخور

العلاقات التركيبية

أشرنا في الفترة السابقة إلى أهمية التتابع الطبقي في المضاهاة، وبالإمكان الاعتماد على موقع الوحدة الصخرية من بعض الصفات في الحقل لإجراء المضاهاة... مثال موقع الوحدة الصخرية من عدم توافق، أو طية، أو فالق أو كتلة صخور نارية أو متحولة... وهكذا، يمكن أن تفيد هذه العلاقة في مضاهاة الطبقات لمسافات محدودة.

النقصان في سجل الأحافير

يقدر العلماء عدد الأنواع من الحيوانات التي تعيش في البحر بحوالي 1/6 من الحيوانات الموجودة في الطبيعة حالياً... ومن هذه النسبة (أي 1/6) فإن نسبة الحيوانات التي تعيش فوق القاع الطيني الرملي ليست أكثر من 1/2 هذه النسبة (أي 1/12). وهذه القيعان الطينية الرملية هي التي تمثل أكثرية الصخور التي تحوي على أحافير... ومن النسبة الأخيرة (أي 1/13) فإن نصفها لها هياكل

صلبة يمكن أن تحفظ كأحافير. . . لذا فإن أقل من 5% من أنواع الحيوانات الحية هي المتوقع أن تحفظ كأحافير. . . ويمكن أن تتوضح صورة النقصان الكبير في سجل الأحافير إذا علمنا أن عدد الأنواع الحالية من الحيوانات يقدر بمليون نوع فعدد الأنواع المتوقع أن تحفظ كأحافير سيكون حوالي 50,000 نوع فقط. لذا فإن خلو طبقة صخرية من الأحافير لا يعني بالضرورة أن الفترة التي تكونت فيها تلك الطبقات كانت خالية من الحياة.

إن الحياة على الأرض في الماضي لم تكن متباينة كما هي عليه الآن ولكن هناك القليل من الأسباب تجعلنا نعتقد بأن الحيوانات البحرية هي أكثر غنىً أو أكثر تبايناً الآن مما كانت عليه في الأردوفيشي مثلاً لأن هناك احتمالاً بعدم حفظ جميع الأحياء. . . كما أن عدم حفظ الحيوانات والنباتات القديمة بالتأكيد له معنى وعدم وجود بقايا الأحياء التي يمكن أن تحفظ في مكان ووجودها في مكان آخر هو مهم كأهمية حفظها في مكان آخر وزمان آخر. . . فعدم الحفظ قد يكون دليلاً على عدم وجود هياكل صلبة أو بيئة ملائمة مثلاً لذا فإن أي تحليل للمجاميع البحرية يجب أن يبنى على أساس أن الأدلة الحياتية غير كاملة ولذا فإن جهوداً خاصة يجب أن تبذل لكي يستفاد من أي دليل آخر يتوفر في تلك المنطقة. أما على اليابسة فإن الأحافير التي توجد هناك أقل فائدة لأنها نادرة جداً، وهي بذلك لا تعطي معلومات كافية حول الظروف البيئية للأرض.

الأحافير ذات الأعمال المتنوعة

إن الخطر من خلط النماذج نتيجة عدم الدقة في جمع النماذج أو عدم الاعتناء في جمعها من طبقات صخرية مختلفة قد يحدث أحياناً.

ولكن هناك امتزاج بين الأحافير يحصل بتأثير الطبيعة نفسها حيث تنتقل أحياء من مواقع إلى أخرى وتختلط مع أحياء وتدخل معها في طبقة واحدة. . . وقد تحصل للأسباب التالية:

1 ـ تلك التي تحصل نتيجة لانتقال الأحافير من الطبقات الأقدم إلى الأحدث (Reworking) وترسبها في طبقات أحدث (انتقال عمودي، زمني).

2 ـ تلك التي تحصل نتيجة لانتقال كائن حي أو أجزاء منه من بيئة معينة إلى بيئة (انتقال جغرافي، أفقي) بنفس العمر وتجمعها في البيئة الجديدة.

3 ـ تلك التي تنتج من نزول (غطس) الأحياء أو بقاياها من بيئة عليا إلى بيئة قاعية.

مضاهاة الوحدات الطباقية الحياتية

قبل الدخول في تفصيل الموضوع سوف نستعيد بعض التعريفات المتعلقة بهذه الوحدات... فالوحدات الطباقية الحياتية هي طبقات صخرية تمتاز بمحتوياتها من الأحافير... والوحدة الأساسية فيها هي النطاق (Zone)

ونطاق ـ التجمع (Assemblage- Zone) يمتاز بمجموعة من الأحافير الحيوانية أو النباتية، أما نطاق ـ المدى (Range- Zone) فهو المدى الطباقي الصخري الذي يتحدد بامتداد مصنف واحد إما موضعياً أو في منطقة معينة.

ضمن مدى المصنف الواحد فإن أعلى تواجد لاعداد من ذلك المصنف يسمى نطاق القمة (الذروة) (Peak Zone).

نطاق المدى المشترك (Concurrent Range- Zone) هو منطقة تداخل أو اشتراك امتدادات مصنفين أو أكثر.

العلاقة بين الوحدات الحياتية والوحدات الصخرية

سبق أن أشرنا حين تكلمنا عن الوحدات الطباقية عن عدم وجود علاقة بينهما... إلا أنه المناطق التي توجد فيها فجوات كبيرة في العمود الجيولوجي نتيجة تعرض منطقة إلى تعرية لفترة طويلة، نلاحظ تغيراً في الصفات الصخرية على جانبي سطح عدم التوافق وتغيراً في المجاميع الحياتية... بالإضافة إلى ذلك فكما في حالة تغير وحدة طباقية صخرية رملية إلى وحدة ثانية طينية بشكل تدريجي فإننا نلاحظ تغيراً تدريجياً (تطور) في صفات الأحياء من شكل إلى آخر.

وحتى البيئات التي تظهر انسجاماً ووحدة في بيئة الترسيب فإننا نلاحظ اختلافاً في نوعية الصخور (Lithotope) ونوعية الأحياء (Biotope)... فلو أخذنا

على سبيل المثال تكوين شرانش في العراق فإنه يمثل بيئة البحر العميق.. ومع ذلك فإن هناك اختلافاً في مكوناته الصخرية ومجاميع المتحجرات فيه وخاصة الفورامنيفرا الطافية. فتكوين شرانش يمثل الترسبات الحوضية ـ البحر المفتوح ـ في فترة الكريتاسي الأعلى. ورغم أنه ترسيب في منطقة بحرية معينة فإنه يتكون من الناحية الصخرية (الليثولوجية) من مارل، وحجر جيري ماري وحجر جيري. كما أنه غني بالمتحجرات الطافية التي تعود إلى عدة أجناس تميز فترة الكريتاسي الأعلى. وهناك تباين في أنواع هذه المتحجرات بحيث تمكن المختصون بعلم المتحجرات من تقسيم تكوين شرانش إلى عدة أنطقة طباقية حياتية استناداً إلى التباين في مجمعات المتحجرات.

وإذا كانت مجاميع الأحافير بكثرة وكبيرة الحجم وبالإمكان ملاحظتها في الحقل فإننا نلاحظ تطابقاً في حدود الوحدات الطباقية الصخرية والوحدات الطباقية الحياتية... وفي العراق يحوي تكوين عقرة الجيري في أجزاء منه على أحافير كبيرة الحجم للفورامنيفرا من جنس لوفتوسيا وكذلك على نماذج كبيرة من الرودست (المحاريات).

طرق مضاهاة الوحدات الطباقية الحياتية

إن مضاهاة امتدادات ومصنفات دالة (Index Fossils) عملية سهلة تتم بمقارنة امتدادات تلك المصنفات المتميزة... أما ما نقصده بعملية المضاهاة هنا فهي مضاهاة نطاق التجمع (Assemblage- Zone) وذلك لأن هذه الوحدات تتحدد بمجاميع من الأحياء بدون التقيد الكامل بامتدادات مصنفاتها. ومن خلال خبرة الجيولوجي فإنه يختار عدداً منها ويعتبرها هي الأساس في تحديد ذلك النطاق... لذا فإن عملية مضاهاة مقطع آخر مع المقطع الأولي تتم بإيجاد عدد من نفس المصنفات في المقطع الثاني ومحاولة استنباط درجة التماثل بين المقطعين... وضمن نطاق التجمع قد يكون هناك مصنف أو أكثر ذا أهمية كمصنف دال (Index) وذلك مما قد يسهل من عملية المضاهاة.

إن أول مرحلة في تنفيذ عملية المضاهاة الحياتية هي بناء جدول لامتدادات

المصنفات ويسمى جدول الامتداد (Range Chart). ويتم إسقاط امتدادات المصنفات بمستوى النوع وتحت النوع بعدة طرق منها استعمال الخطوط المتقطعة والمتواصلة لاحظ الشكل (8 ـ 6) ومنها نستخرج نطاقات التجمع المختلفة لاحظ الشكل (3 ـ 15).

إن إجراء المضاهاة الطباقية الحياتية لا يتم لمجرد بيان التماثل في محتويات الصخور من المتحجرات في المقاطع المختلفة بل إن أحد الأهداف الرئيسية هو بيان مدى التماثل في العمر. لذا فإن المضاهاة الحياتية هي إحدى وسائل المضاهاة الطباقية الزمنية أيضاً.

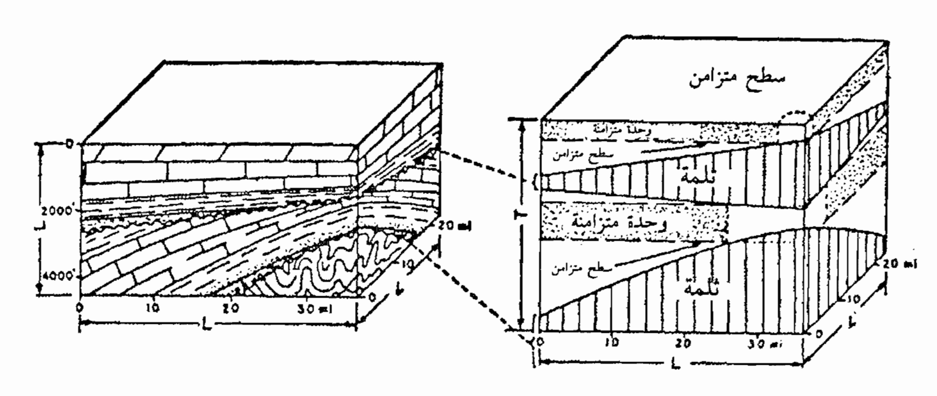
المضاهاة الطباقية الزمنية

لقد كان اعتقاد الجيولوجيين في السابق وتحت تأثير فرضية الكوارث بأن الزمن الجيولوجي يمكن تقسيمه إلى دهور جيولوجية (Eras) وعصور (Periods) نتيجة للارتفاعات التي حدثت على سطح الأرض في فترات جيولوجية ماضية فوق سطح الأرض برمتها، إلا أن الجيولوجيين أدركوا بعد ذلك ان هناك حالة توازن في القشرة الأرضية (Isostasy). ففي الوقت الذي ترتفع فيه منطقة من الأرض يحدث انخفاض في منطقة مجاورة، وكما نعلم فإن الارتفاع يؤدي إلى التعرية والانخفاض يؤدي إلى ترسيب فيها. لذا فلا توجد هناك حركات ارتفاع أرضية بمستوى عالمي لكي تستخدم كسطح يمثل حدوداً متماثلة في العمر في جميع المناطق.

ولقد عبر كرومباين وسلوس في كتابهما «Stratigraphy and Sedimentation» عن تمثيل الأطوال المختلفة في المقاطع الجيولوجية بأشكال مجسمة (لاحظ الشكل (8 ـ 6)) حيث يمثل الحرفين «L» الأفقيين الطول والعرض بالأميال والحرف «L» في الموقع العمودي السمك بالأقدام. . . وفي الدراسات الطبقية الزمنية فإن السمك يمثل أيضاً الزمن الجيولوجي لذا فإن الشكل (B) قد تمثل فيه الحرف «T» عمودياً بدلاً من «L» وقد عبر عن الشكل المجسم «B» بمصطلح المساحة ـ الزمن لأن البعدين «L» يمثلان مساحة والعمودي يمثل الزمن.

إن الشكل المجسم «A» فيه جميع المناطق مملوءة بالصخور مع وجود عدم توافق في منطقتين. والشكل المجسم «B» هو توضيح للشكل «A» مع تبديل المحور العمودي من طول «L» إلى زمن «T» وبذلك تظهر فيه فجوات. وهذه الطريقة كما ذكرنا تماثل الطريقة التي عبر فيها الجيولوجيون في كتاب Lexique وكتاب جيولوجية شمال العراق عن بعض المناطق في العراق حيث كان البعد العمودي يمثل الزمن الجيولوجي وظهرت فيه فجوات (لاحظ الشكل (2 ـ 3)).

والفجوات التي سميناها (Hiatus) قد أطلق عليها ويلر مصطلح ثُلمة «Lacuna» أو فجوة (Gaps) لذا فإننا نجد أن المصطلحين متماثلان.



شكل (8 ـ 6)
المضاهاة الطباقية الزمنية

(المصدر Krumbein & Sloss, 1963).

وأشار إلى أن الثُلمات «Lacunas» تمثل أطول فترة من الزمن في محور التحدب والمتمثل بالشكل «A».

إن مقدار الزمن الممثل بالوحدات الطباقية قد تقلص بواسطة عدم الترسيب التي تظهر بتداخل فوق سطح عدم التوافق وبالتعرية (والتي يمثلها تقطع الصخور تحت سطح عدم التوافق). وقد اقترح ويلر (Wheeler) عام 1958م بأن يطلق على ذلك الجزء من الثُلمة Lacuna في الشكل الذي يمثل مساحة ـ زمن والذي ينتج

من إزاحة صخور ترسبت سابقاً مصطلح «فراغ تعرية» (Erosional Vacuity) بينما اقترح استعمال مصطلح «Hiatus» كنتيجة لعدم ترسب. . . وقد استعمل كرابو (Grabau) في عام 1906 نفس المصطلح «Hiatus» بنفس المفهوم الذي استخدمه ويلر.

بالإضافة إلى ذلك فإن كتلة المساحة ـ الزمن في الشكل «B» تختلف في مجال آخر عن الشكل «A». ففي «A»، البعد العمودي هو طول سمك طباقي أو عمق أسفل المستوى المرجعي (Datum Plane) الذي يمكن قياسه بدقة.



الفصل التاسع

الخرائط الطبقية

(Stratigraphic Maps)

إن من أهم الوسائل المستعملة لترجمة المعلومات الجيولوجية هي الخارطة. ولغرض رسم الخارطة تؤخذ قراءات في مواقع جغرافية محددة. وعلى سبيل المثال في الخرائط الطوبوغرافية تسجل الارتفاعات لسطح الأرض نسبة إلى مستوى سطح البحر، وفي الخرائط الجيولوجية السطحية (Areal Geologic Map) تؤخذ الملاحظات حول نوع الصخور البارزة على السطح في المكاشف الصخرية وارتفاع ظهورها على السطح والسمك والميل وخط المضرب والموقع الستراتغرافي (التطبقي) للصخور. وفي الخرائط الكونتورية التركيبية تؤخذ القياسات في كل موقع وهو ارتفاع للسطح الأعلى لمستوى التطبق المعروف.

في جميع الخرائط الجيولوجية من الممكن أن تؤخذ القياسات لها من المكاشف مباشرة بواسطة الحفر ومن المقالع وما شابه ذلك. وتستعمل عملية الإدراج لتكملة المعلومات في المناطق المغفولة.

في بعض الحالات تكون الظاهرة المدروسة واضحة في جميع المناطق كما و الحال في الخرائط الطوبوغرافية رغم الاعتماد على نقاط أو مواقع معلومة رتفاعات للسيطرة أو الدقة في قياس الارتفاعات كما يمكن رسم خطوط تمرة تمثل مناسب الارتفاعات الطوبوغرافية.

إن المعلومات المستحصلة من تحت السطح تُعزا إلى أو تعرف:

1 ـ بموقع جغرافي معلوم (الموقع الجغرافي للبئر).

2 ـ وحدات ستراتغرافية معلومة.

3 ـ طبيعة الصخور المتواجدة في الأعماق المراد دراستها.

إن الخرائط التركيبية تحت السطحية تحتاج فقط إلى المطاليب الثلاثة الأولى أعلاه. والتي يمكن الحصول عليها في المراحل المبكرة من عملية استشكاف النفط والغاز. ولهذا السبب فإن هذا النوع من الخرائط هي التي استعملت بشكل عام ومن ثم تطورت الخرائط تحت السطحية لتبين نوع الصخور في الوحدات الستراتغرافية.

إن هذا الموضوع يهتم برسم وتفسير الخرائط التي تستعمل في التحليل الستراتغرافي كما يمكن تعريف الخارطة الستراتغرافية بأنها الخارطة التي تبين التوزيع السطحي أو التحويري لوحدة ستراتغرافية أو سطح ستراتغرافي.

يفرّق العالم الستراتغرافي (Kay, 1945) بين الخارطة الستراتغرافية والخارطة الجغرافية القديمة بأن الأولى تمثل فترة من الزمن الجيولوجي بينما الثانية تمثل لحظة في الماضي فقط.

إن تحضير الخارطة الستراتغرافية يحتاج إلى جمع وتنسيق كميات كبيرة من المعلومات كما يجب ربط ومقارنة نماذج من الآبار مع مكاشف طبقية كي تكون الخارطة معتمدة على نفس الوحدة أو السطح الستراتغرافي في كل مكان. وعليه تكون المضاهاة الستراتغرافية هي الأساس في تهيئة المعلومات لرسم الخرائط.

إن الخارطة الناتجة يمكن أن تمثل فقط مرحلة واحدة في تحليل ستراتغرافي معقد. وكل خارطة يمكن أن تبين بشكل مستقل التوزيع السطحي للتراكيب أو نوعية الصخور أو الخواص الستراتغرافية التي تعطي المعلومات الأساسية لإعادة بناء أو تصور الجيولوجية القديمة أو الجغرافية القديمة أو التاريخ الجيولوجي للتراكيب والوحدات الستراتغرافية المراد دراستها.

تنظيم البيانات لرسم الخرائط:

إن العنصر الأساسي لرسم الخارطة الستراتغرافية هو إيجاد المستوى أو الطبقة التي تسمى بالطبقة الدالة (Key bed) أو (Marker Bed)، أي أن الطبقة الدالة أو الطبقة المميزة تستعمل في تحضير الخرائط التركيبية تحت السطحية والخرائط الجيولوجية القديمة أو أية خارطة أخرى التي تبين الطبيعة أو الوضع للمستوى أو السطح للوحدة الستراتغرافية.

إن الخرائط الستراتغرافية التي تبين وضع جسم من الصخور له ثلاثة أبعاد تحتاج إلى اختيار مستويين أحدهما يمثل السطح الأعلى للوحدة الستراتغرافية المراد رسمها والثاني يمثل السطح الأسفل منها.

فيما يلي أنواع المستويات أو الطبقات الدالة التي يمكن استعمالها في رسم الخرائط الستراتغرافية ويمكن تقسيمها إلى ثلاثة مجاميع.

1 ـ الطبقات الدالة الصخرية.

2 ـ الطبقات الدالة البيولوجية.

3 ـ الانقطاعات التركيبية.

إن الطبقات الدالة الصخرية تستعمل في أكثر الأحيان لسهولة التعرف عليها في المقاطع الظاهرة على السطح وفي الآبار.

ومن المهم جداً اتباع الطبقة الدالة المختارة بدقة في المنطقة التي يراد رسم الخارطة فيها. إن الغاية أو الغرض من رسم أكثر أنواع الخرائط الستراتغرافية هو لتبيان الظروف أثناء مدة معينة من الزمن الجيولوجي أو الخطة المعينة منه. ومن هذا يتبين أن أي خطأ في ربط ومتابعة الطبقة الدالة يمكن أن يؤدي إلى تحضير الخارطة التي تقطع الفترة الزمنية المراد دراستها بصورة عامة كما أن ربط أو متابعة الطبقة الدالة تتم على أساس الميزات التالية:

1 ـ نوعية الصخور (Lithologic Identity).

2 ـ موقعها في العمود الطبقي.

3 ـ معرفة الفترة الزمنية.

إن ترتيب البيانات الضرورية لرسم الخارطة يجب أن تجمع كافة المعلومات الممكنة.

جدول (9 ـ 1) الطبقات الدالة

I ـ الوحدات الليثولوجية الدالة:

1 ـ طبقة رقيقة من حجر الجير.

2 ـ طبقة رقيقة من الحجر الرملي أو المدملكات.

3 ـ طبقة من الفحم الحجري.

4 ـ طبقة من الرماد البركاني.

5 ـ نطاق معين من المعادن الثقيلة.

6 ـ نطاق بقايا صخرية أو معدنية غير قابلة للذوبان.

7 ـ نطاق حصى فوسفاتي.

8 ـ أي بعد مفاجىء في مخطط للجس الكهربائي.

9 ـ سطح انعكاس زلزالي.

II ـ الوحدات الحياتية الدالة:

1 ـ نطاق مدى موضعي.

2 ـ نطاق تجمع.

III ـ الانقطاعات التركيبية:

1 ـ عدم توافق مائل.

2 ـ عدم توافق متوازٍ.

3 ـ عدم توافق Disconformity.

إن ترتيب البيانات الضرورية لرسم الخارطة يجب أن تجمع كافة المعلومات الممكنة من المكاشف الصخرية أو الآبار، أي البيانات تحت السطحية في المنطقة المراد دراستها. وتختار أو ترسم خارطة أساسية بشكل يلائم طبيعة الدراسة وتثبت على الخارطة الأساسية نقاط السيطرة (Control Points) وتلخص المعلومات من كل بئر أو مقطع في كل نقطة سيطرة وترسم الخطوط الكونتورية أو تستعمل غيرها من الرموز لبيان الظواهر المراد دراستها.

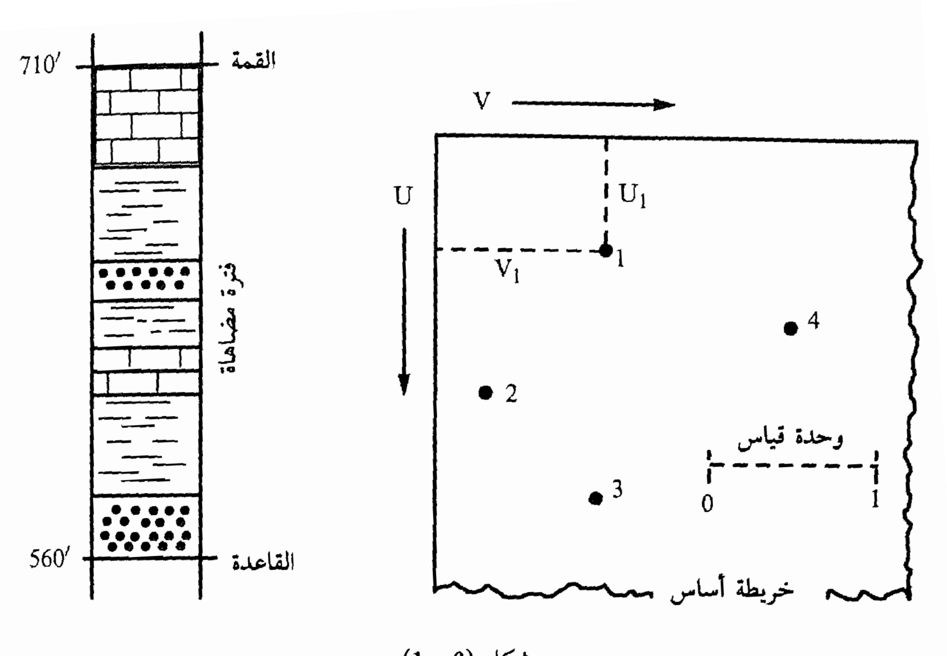
يبين الشكل (9 ـ 1) بصورة مختصرة المعلومات الضرورية لتحضير أو رسم الخارطة الستراتغرافية. إن الخارطة الأساسية على اليمين ثبت فيها عل كل نقطة سيطرة ـ بئراً مكشف صخري أو مقلع أو أي شيء آخر يظهر فيها ولها رقم معين أو أحداثياتها الجغرافية مثبتة بشكل ما. إن استعمال الـ .u وv كأحداثيات على الخارطة سنوضحه فيما بعد. إن النقطة الأساسية يجب أن يكون لها موضع جغرافي معلوم. على اليسار في الشكل (9 ـ 1) يبين مقطع طبقي مقاس ارتفاع السطح الأعلى والسطح الأسفل للمقطع إضافة إلى نوعية الصخور المبينة وسنشير إلى هذا الرسم الأساسي كثيراً عند دراسة الأنواع من الخرائط الستراتغرافية.

يلاحظ في المناطق التي حصل فيها تقلص ملحوظ في القشرة الأرضية بأن المواقع الحالية للظواهر التكتونية والجيولوجية تختلف عن المواقع الأصلية لها لمثل هذه المناطق. تحضر خارطة أساسية ترجع الظواهر الموجودة في الوقت الحاضر إلى مواقعها في زمن محدد في الماضي الجيولوجي.

إن (Kay, 1945) يعطي شرحاً مفصلاً لهذا النوع من الخرائط ومثال على هذا النوع الخرائط الجغرافية القديمة.

تصنيف الخرائط الطباقية

إن الوحدات الستراتغرافية تمتاز بخواص مختلفة مثل الشكل الهندسي والتكوين الصخري والمحتويات الحياتية والمحتويات السائلة للجسم والكتل الصخرية التي يراد دراستها.



شكل (9 ـ 1)

المعلومات الضرورية لتحضير الخارطة الطبقية

(المصدر عن Krumbein & Sloss, 1963).

وفي هذا الفصل سوف نركز على بعض الوحدات الطبقية الذي يمكن رسمها أو تبيانها على الخارطة وعلى الأخص الشكل الهندسي والظواهر التركيبية التي يمكن تمثيلها على الخرائط الكنتورية. ولذلك نؤكد على التوزيع السطحي والتراكيب الجيولوجية والسمك والتركيب الصخري للجسم الصخري بأبعاده الثلاثة في الطبيعة. وإن ما ذكر يضع الأسس لرسم الخرائط بشكل يتعلق بالشكل الهندسي والتركيب الصخري. وهي تشبه الطرق المتعلقة برسم الخرائط للظواهر الستراتغرافية الثانوية كالعلاقات بين المتحجرات كما سنأتي على ذكره في المستقبل.

إن الجدول (9 ـ 2) يبين لنا تصنيفاً ملخصاً للخرائط الستراتغرافية ويرينا أن هنالك تشكيلاً واسعاً من أنواع الخرائط. وإن أول صنف من هذه الخرائط يهتم بالشكل الهندسي الخارجي للجسم الصخري فهو يحلل ويتضمن الخرائط التركيبية الكونتورية وخرائط السماكة الشكل (9 ـ 2). أما تحديد المكونات المعدنية للصخور في الخرائط فهو أكثر تعقيداً كونه تحتاج إلى تحليل نوعية الصخور

موجودة وسمكها وترتيبها في المقطع العمودي ضمن الجسم الصخري. فالشكل الهندسي يمكن أن يظهر في عدد قليل من الخرائط لكنه يحتاج إلى عدد كبير من الخرائط المختلفة لعرض كافة تفاصيل المكونات المعدنية للجسم الصخري.

جدول (9 ـ 2) يقسم الخرائط التي تبين تركيب الجسم الصخري إلى ثلاثة أصناف ثانوية. أول صنف يحتوي على الخرائط التي تبين التغيرات السطحية في التركيب الصخري بأجمعه وتسمى (Conventional facics map). إن هذا النوع من الخرائط يحتوي على خرائط النسب المئوية (Percentage map) وخرائط النسب وغيرها من الخرائط التي سنقوم بشرحها فيما بعد. اما الصنف الثاني فيتضمن المواقع والسمك وتتابع الطبقات في المقطع العمودي وتسمى خرائط التغييرات العمودية (Vertical variation map). ومع أنها تصنف ضمن خرائط التركيب الصخري فهي أيضاً تبين الهندسة الداخلية للوحدة الطبقية. إن الصنف الثاني يتضمن الخرائط التي تعرض ظواهر محددة لطبقة معينة أو نوعاً من الصخر المحدد ضمن الوحدة الطبقية، مثل نوع المعادن الثقيلة في الصخر الرملي الذي يبين في هذا النوع من الخرائط. كما يمكن تمثيل الهندسة الداخلية والتركيب الداخلي في هذا النوع من الخرائط. وبما ان اختيار الطبقة المدروسة في الصنفين الثاني والثالث يعتمد على التركيب الصخري فهي تكون ضمن أنواع الخرائط التركيبية الصخرية.

إن المجموعة الأخيرة من الخرائط في الشكل (9 ـ 2) تمثل خرائط يمكن تصغيرها من الخرائط في المجموعة الأولى والثانية. إن الخارطة التكتونية القديمة (Palacotectonic) هي خارطة تكاملية (Integrative) وتبين بعض ظواهر خارطة السماكة المتساوية (Isopach map) وخرائط سحنية. إن خارطة الحجم الصخري (Rock vol. map) مثال على الخارطة المشتقة (Derived map) ونحصل عليها بمعالجة رياضية للخارطة السحنية. وتستعمل مصطلحات التكامل والمشتق للوصف وليس لها علاقة بالعمليات الرياضية والإحصائية التي تستعمل في تحضير هذه الخرائط. والجدول (9 ـ 2) هو ملخص لموضوع هذا الفصل وإن أول شيء سنتناوله هو الخرائط التركيبية الكونتورية.

جدول (9 ـ 2) تصنيف الخرائط الطباقية

I ـ الهندسة الخارجية للأجسام الصخرية:

1 ـ السمك والامتداد السطحي: خارطة السماكة (Isopach Map).

2 ـ هيئة السطح العلوي: الخارطة الكنتورية التركيبية (Structure Contour Map).

II ـ مكونات الأجسام الصخرية:

1 ـ خرائط التغيرات السطحية (خرائط السحنات Facies maps).

(أ) سماكة نوع واحد من الصخور (Isolith map).

(ب) نسبة أحد أنواع الصخور: خارطة النسبة المئوية (Percentage map).

(جـ) نسبة السمك بين أنواع الصخور: خارطة النسبة (Ratio map).

ـ العلاقة بين ثلاثة من المكونات الليثولوجية وتشتمل على:

(أ) خارطة مثلث النسبة (Triangle ratio map).

(ب) خارطة درجة الخلط (Entropy map).

(جـ) خارطة درجة الخلط والنسبة (Entropy-ratio map).

(د) خارطة الحيود السحني (Facies-departure map).

ـ العلاقة بين أربعة من المكونات الليثولوجية:

خارطة الرباعي الأوجه السحني (Facies tetrahedron).

2 ـ خرائط التغيرات العمودية (Vertical variability maps).

(أ) موقع وسمك وتكرار أحد أنواع الصخور: خارطة معدل السمك.

(ب) درجة التعاقب بين الطبقات: خارطة درجة الخلط العمودي.

3 ـ الهندسة الداخلية والمكونات:

النسيج الداخلي والتراكيب ومكونات طبقات مختارة من الوحدة الطبقية:

خارطة درجة الفرز الحجر الرملي.

خارطة التطبق المتقاطع.

خارطة المعادن الثقيلة.

خارطة المعادن النادرة.

III ـ الخرائط المشتقة والمركبة والمستنتجة:

الخرائط التكتونية القديمة.

خرائط معدلات التغيير.

خرائط الاتجاهات السطحية.

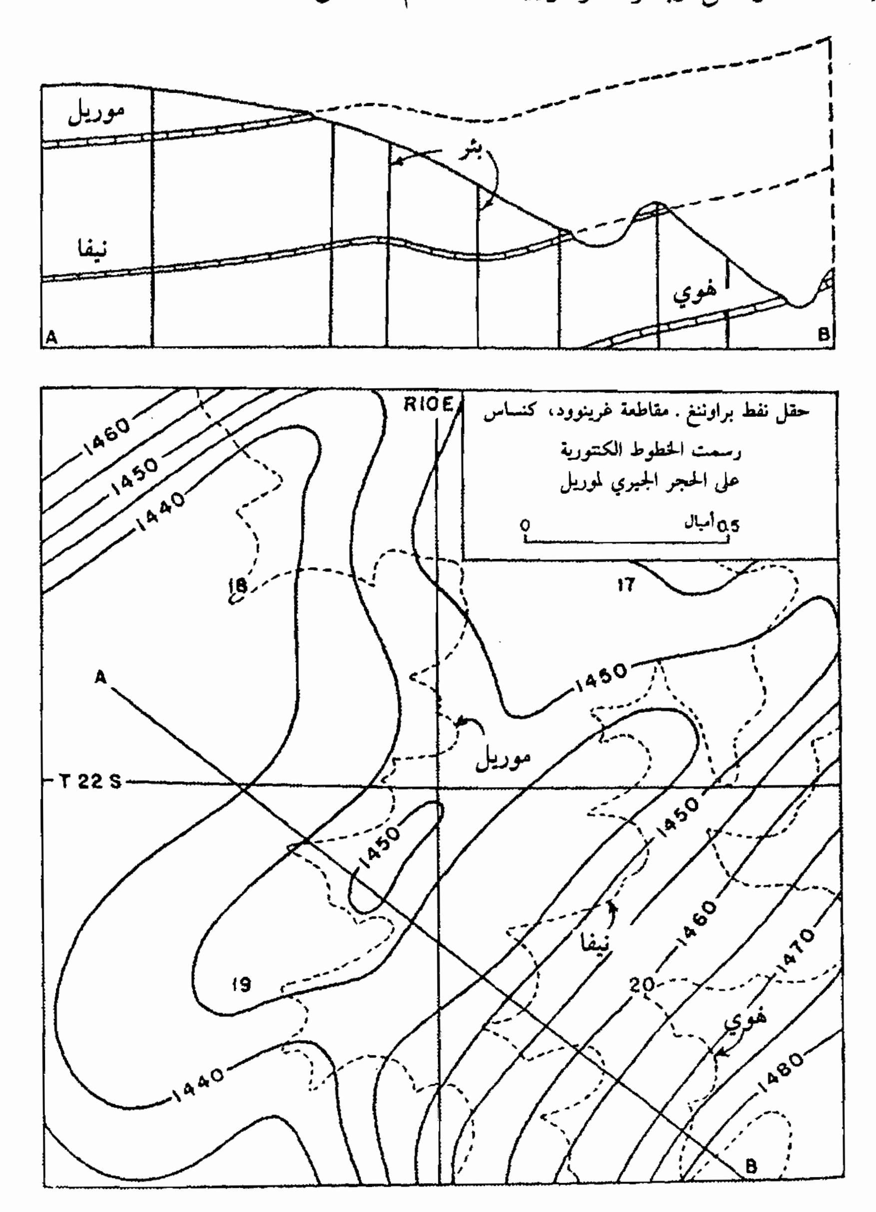
خرائط حجم الصخور.

الخرائط التركيبية الكونتورية Structural Contour Maps:

إن الخارطة التركيبية الكونتورية تبين الشكل الهندسي لسطح صخري وإن الخطوط الكونتورية تمر بنقاط على ارتفاع واحد فوق أو تحت مستوى معين (Datum plane). ويأخذ هذا المستوى اعتيادياً مستوى سطح البحر وفي نقاط السيطرة يعطي ارتفاع الطبقة الدليل على الخارطة.

إن الخرائط التركيبية الكونتورية يمكن أن تتضمن معلومات من السطح وتحت السطح. إن الجزء الأعلى من شكل (9 ـ 2) يبين مقطعاً عرضياً لعدة طبقات دليلية ممتدة من السطح إلى مناطق تحت السطح. وكما هو مبين فإنه توجد نقاط سيطرة على السطح وفي الآبار. إن موقع الطبقة الدليلية نسبة إلى Datum تحسب باستعمال ارتفاع البئر على السطح فتحسب ارتفاع الطبقة من خارطة طوبوغرافية أو باستعمال لوحة مسح مستوية Plane table. إن الجزء الأسفل من الشكل (9 ـ 2) يمثل الخارطة الكونتورية التي أخذت من المقطع العلوي، ويعتمد مقياس رسم الخارطة والفترات الكونتورية المستعملة على الأغراض من الدراسة ودقة المعلومات. وعلى المسافات بين نقاط السيطرة. إن

الخرائط المستعملة للدراسات الإقليمية الواسعة يمكن رسمها بقياس رسم 1:1000,000 أو أقل وبفترة كونتورية 100 قدم أو أقل.



شكل (9 ـ 2)

خارطة تركيبية كونتورية تبين العلاقة بين التركيب الجيولوجي والمقطع المكشفي.

(المصدر عن Krumbein & Sloss, 1963).

إن الخرائط المفصلة أو الدقيقة مثل الخرائط التي تستعمل في استكشاف النفط ترسم بمقياس كبير 1:1,000 وبفترات كونتورية. 10 أقدام أو أقل. وترسم الخرائط التركيبية الكونتورية وذلك بتثبيت ارتفاعات السطح الأعلى للوحدة الطبقية في كل نقطة سيطرة على الخارطة ومن ثم ترسم الخطوط الكونتورية التركيبية. وتوجد ثلاثة طرق لرسم الخطوط الكونتورية.

1 ـ رسم الخطوط الكونتورية ميكانيكيا. وذلك بإدراج قيم الارتفاعات بين نقطتين معلومتين رياضياً.

2 ـ رسم الخطوط الكونتورية بمسافات متساوية (Equal spacing contour) وترسم الخطوط على مسافات متساوية، أي أن الميل في الخارطة ثابت (بحدود المعلومات المتوفرة) ولذلك يمكن رسم الخطوط الكونتورية في المناطق التي تكون فيها معلومات متوفرة.

3 ـ رسم الخطوط الكونتورية التفسيرية وترسم الخطوط وفقاً لاتجاه التراكيب في المنطقة (Bishop 1960, P. 45).

يعطي بيشوب مثالاً على كل طريقة لرسم الخطوط الكونتورية ويبين أن الطريقة الميكانيكية تكون أدق طريقة إذا كانت المعلومات المتوفرة وافية، بينما إذا كانت المعلومات المتوفرة محدودة فإن الطريقة التفسيرية تكون أفضل. توجد ست طرق لرسم الخطوط الكونتورية وتستعمل كل طريقة لرسم معين من الخرائط الكونتورية.

إن تفسير الخرائط التركيبية الكونتورية عملية مباشرة نسبياً إن القباب (Domes) والطبقات المحدبة تبين على شكل مرتفعات وهي خطوط كونتورية مغلقة تكون مرتفعة عن المناطق المجاورة والعكس يدل على وجود منخفض (Basin) أو طية مقعرة.

إن الانخفاضات الأحادية Monocline or flexture تبين على شكل خطوط كونتورية متوازية تزداد أو تنخفض بالارتفاع في اتجاه معين.

أما الفوالق فتبيّن من تطابق الخطوط الكونتورية على خط معين واعتيادياً

يوجد انقطاع للخطوط الكونتورية على جانبي منطقة الفالق.

إن حجم التركيب يعبر عنه بانغلاقه وامتداده السطحي إذ ان الانغلاق يقرأ من الخارطة وهو فرق الارتفاع داخل أكبر خط كونتوري مغلق محيط بالتركيب. وتعطي المسافات بين الخطوط الكونتورية فكرة عن انحدار للطية. وكما هو الحال في الخرائط الطوبوغرافية فإن المسافات بين الخطوط الكونتورية تتناسب تناسباً عكسياً مع الانحدار. إن الشكل (9 ـ 3) يمثل مثل هذه الفكرة لحقلي عين زالة وبطمة. علماً بأن المستوى المعين قد أخذ على أساس 20 ألف قدم تحت سطح البحر.

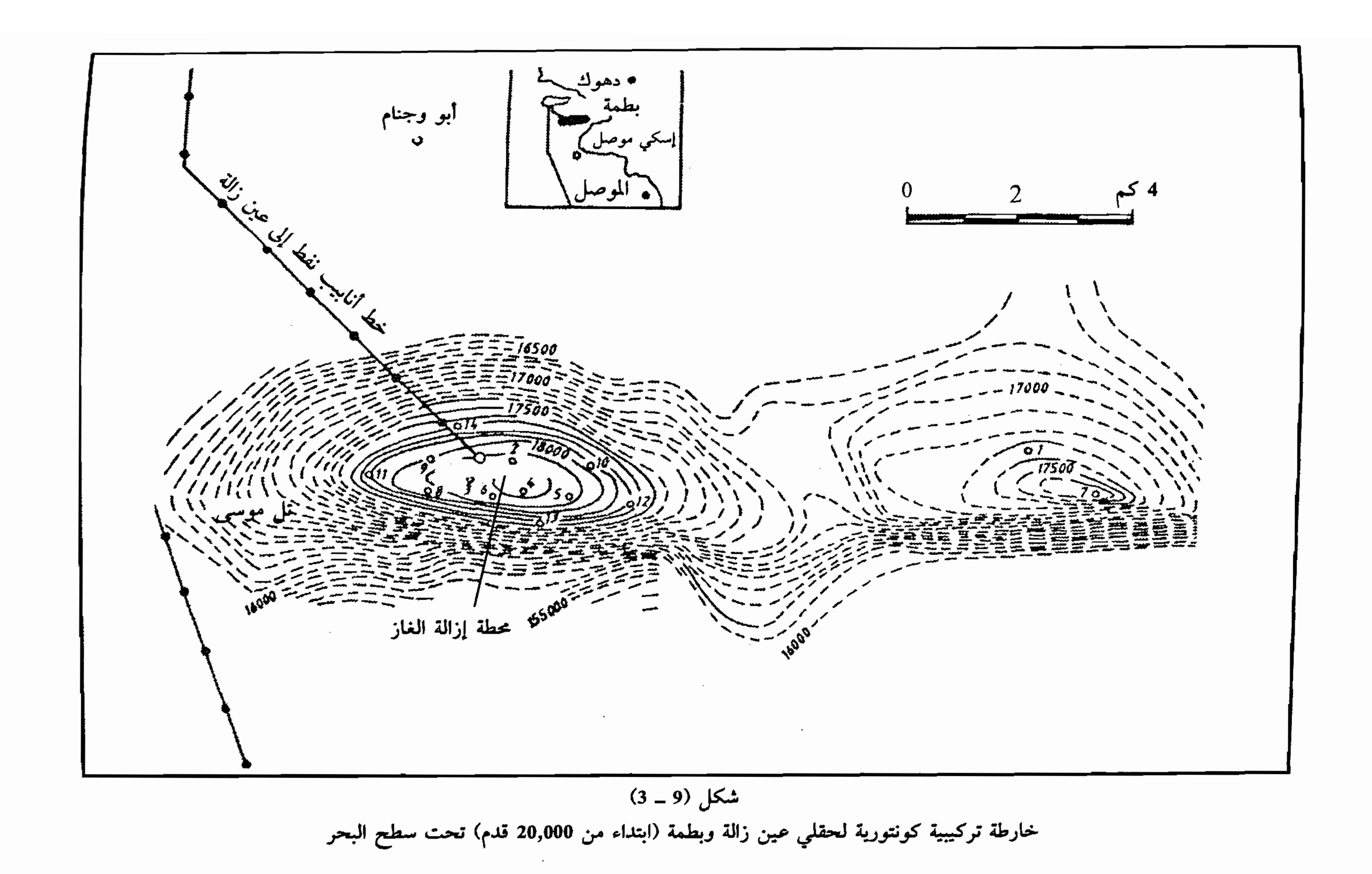
خرائط السماكة Isopach Maps:

إن هذا النوع من الخرائط يمثل الاختلاف في سمك الوحدة الطبقية بخطوط كونتورية توصل بين نقاط لها سمك واحد. ولرسم هذا النوع من الخرائط نحتاج إلى طبقتين دليلتين إحداهما السطح الأعلى والثانية السطح الأسفل للوحدة الطبقية.

إن اختيار السطح الأعلى والأسفل للخرائط التي تمثل السمك الطبقي يتم على أسس مختلفة في كثير من الحالات تأخذ الفترة بين سطحي عدم التوافق. وهذه الخارطة تبين الاختلافات التركيبية التي حصلت في الفترة الزمنية المحصورة كما أن هذه الخارطة تعطي معلومات حول السطحين. اما في حالات ثانية فيمكن اختيار حدود ضمن تتابع طبقي مستمر حتى تبين الحركات الأرضية في وقت الترسيب.

يمكن رسم خارطة السماكة وذلك من استعمال خارطتين تركيبية كونتورية لسطحين حيث يتم طرح قيم ارتفاع السطح السفلي من ارتفاعات السطح العلوي في كل نقطة سيطرة، وبعد ذلك ترسم الخطوط الكونتورية التي تمثل النقاط التي سمكاً واحداً. أن الخرائط التي بهذه الصورة تسمى أيضاً خرائط التقارب (Convergence map).

بعد اختيار الوحدة الطبقية لغرض رسم الخارطة فإن عملية الرسم تشبه إلى



شكل (9 ـ 3)

خارطة تركيبية كونتورية لحقلي عين زالة وبطمة (ابتداء من 20,000 قدم) تحت سطح البحر

حد ما رسم الخارطة التركيبية الكونتورية حيث تثبت قيم السمك في كل نقطة سيطرة وبعد ذلك ترسم الخطوط الكونتورية بين هذه النقاط. إن الفترة العمودية (Vertical interval) بين الخطوط الكونتورية يمكن أن تصل إلى مئات الأقدام في الخرائط الإقليمية أما في الدراسات المفصلة للوحدات الطبقية القليلة السمك تكون الفترة الكونتورية أقل من 10 أقدام.

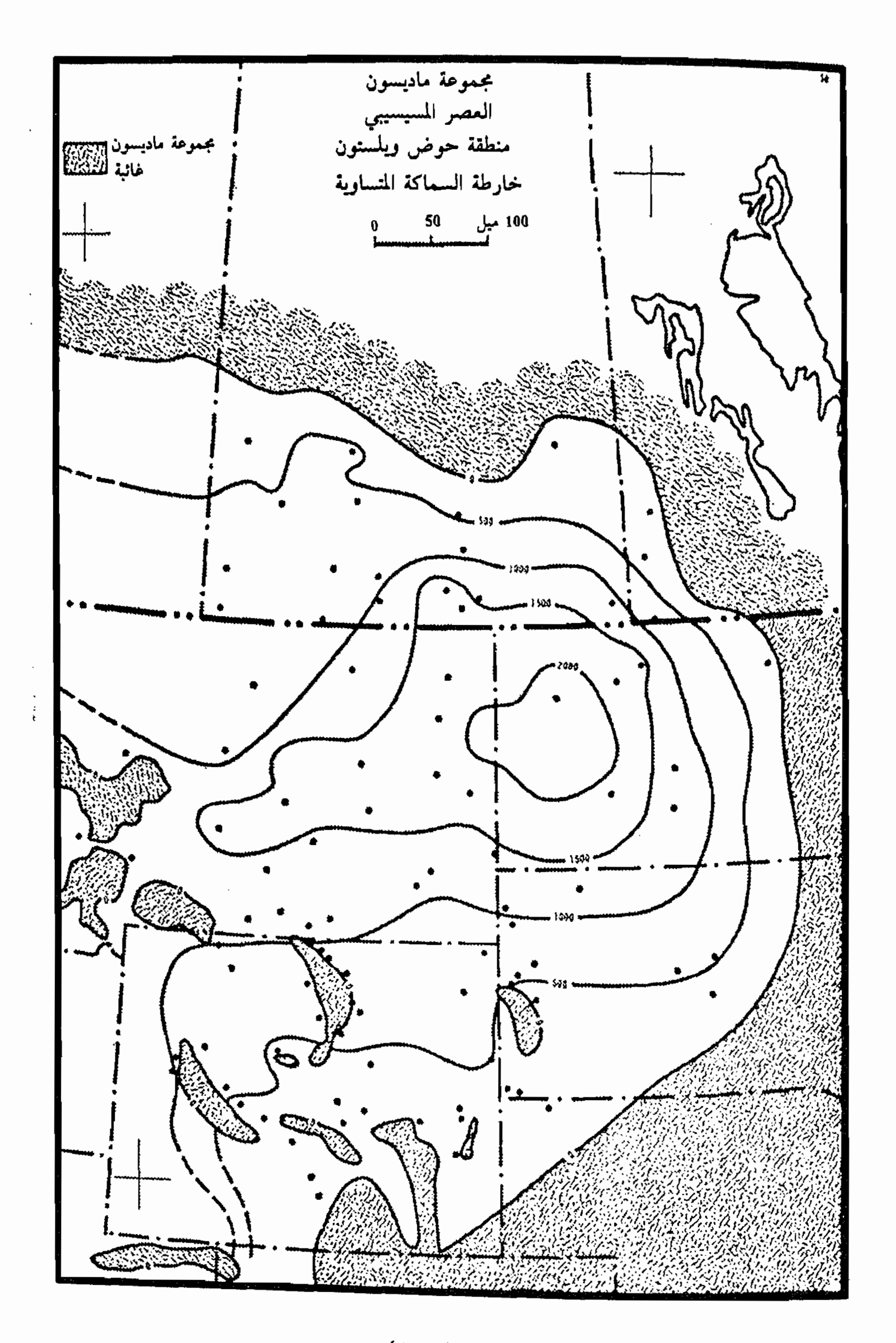
إن طرق رسم الخطوط الكونتورية في هذه الخرائط تشبه الطرق المستعملة في الخرائط الكونتورية التركيبية في أكثر الأحيان. هذا وإن خرائط السمك للطبقات تبين التراكيب الجيولوجية القديمة لذلك عند استعمالها لدراسة الحركات الأرضية المصاحبة للترسيب فإن اتجاهات أو ميلان الاتجاهات العامة للأحواض الرسوبية يكاد يختلف عن الاتجاهات التركيبية الحالية.

وعلى سبيل المثال يجوز أن تكون خارطة السمك الطبقي لوحدة صخرية من الباليوزوي لا تتطابق مع التراكيب الحالية في المنطقة التي حصلت بنتيجة اللارامايد بعد تكوين الوحدة الصخرية.

إن الشكل (9 ـ 4) يمثل خارطة سماكة لصخور من الزمن الكربوني الأسفل في منخفض ويلستون. ويظهر في الخارطة التركيب الدائري أو البيضوي النموذجي في خطوط السمك ضمن خارطة السمك الطبقي التي تمثل انخفاضاً في الحوض أثناء الترسيب. كما يظهر في الخارطة الحد الفاصل بين الحوض العميق والرف الحوضي وهذه تظهر من خلال الاختلاف في المسافات بين الخطوط الكونتورية.

كما أن الشكل (9 ـ 5) يمثل تفسيراً لسماكة الطبقات في شمال العراق حسب دراسات دنكتن.

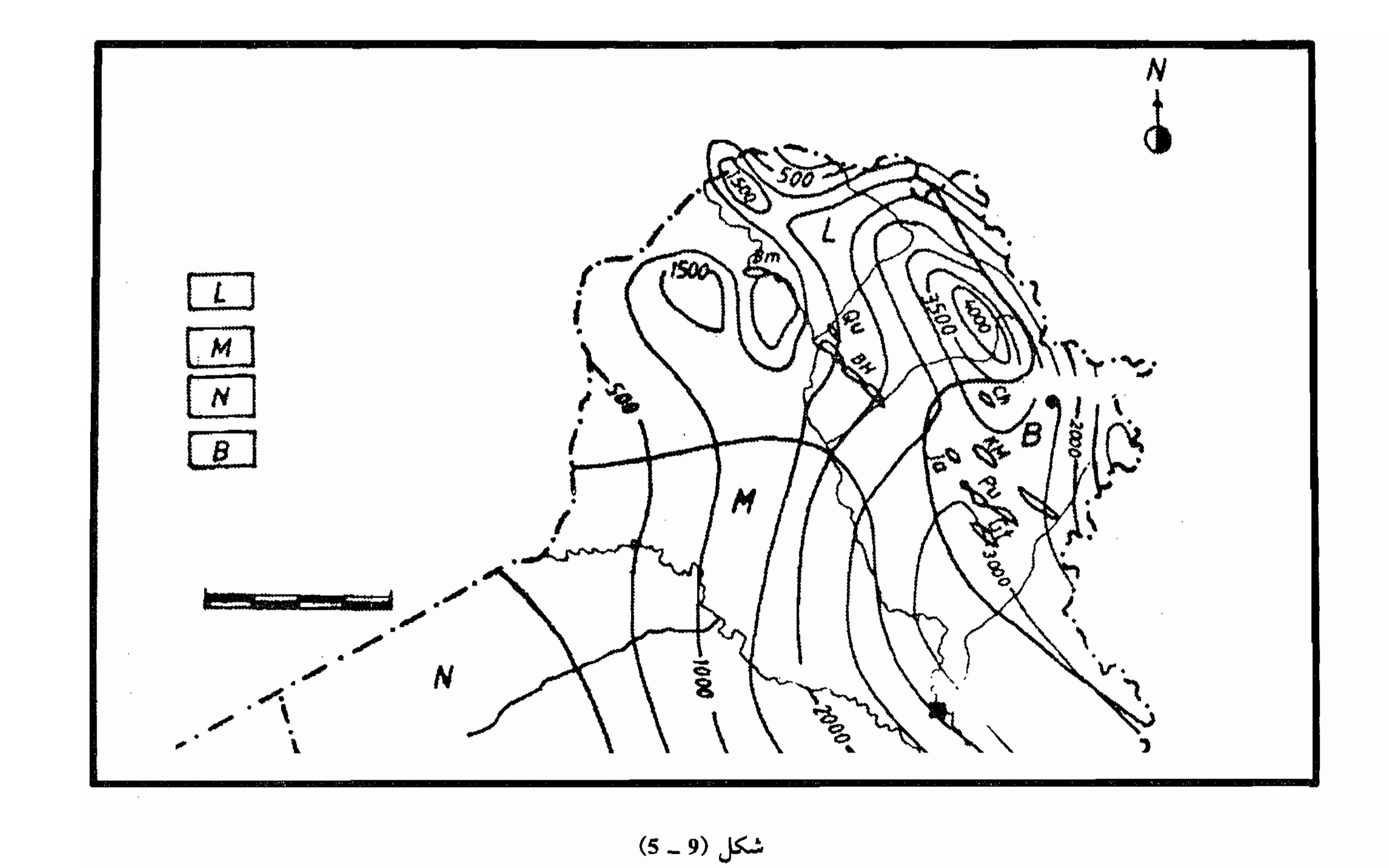
إن التغير من انخفاض بطيء إلى انخفاض سريع أثناء الترسيب يصل أقصى حد في المنطقة التي تكون فيها الخطوط الكونتورية متقاربة وتسمى هذه المنطقة التي تكون الخطوط الكونتورية متقاربة فيها بالمفصل التكتوني (Tectonic Hinge) الذي كان فعالاً أثناء ترسيب الوحدة الطبقية..



شكل (9 ـ 4)

خارطة سماكة الصخور المسيسبية في حوض ويلستون (الولايات المتحدة الأميركية)

(Krumbein & Sloss, 1963)



شكل (9 ـ 5)

خارطة سماكة لصخور الفلانجينيان إلى الالبيان من شمال العراق مع توزيع سحنات الألبيان

(المصدر من Dunnington, 1958)

إن هذا النوع من الخرائط يتميز عن غيره من الخرائط الكونتورية وذلك بأن يكون المستوى القياسي أو السطح القياسي (الـ Datum) السطح الأعلى للوحدة الطبقية. فالخارطة الكونتورية عندما تستعمل لتمثيل التضاريس توجد الارتفاعات فوق مستوى سطح البحر، أما عندما تمثل خارطة السمك للطبقات فإن سطح الطبقة العلوي يكون المستوى القياسي ويأخذ سمك الطبقات تحت هذا المستوى.

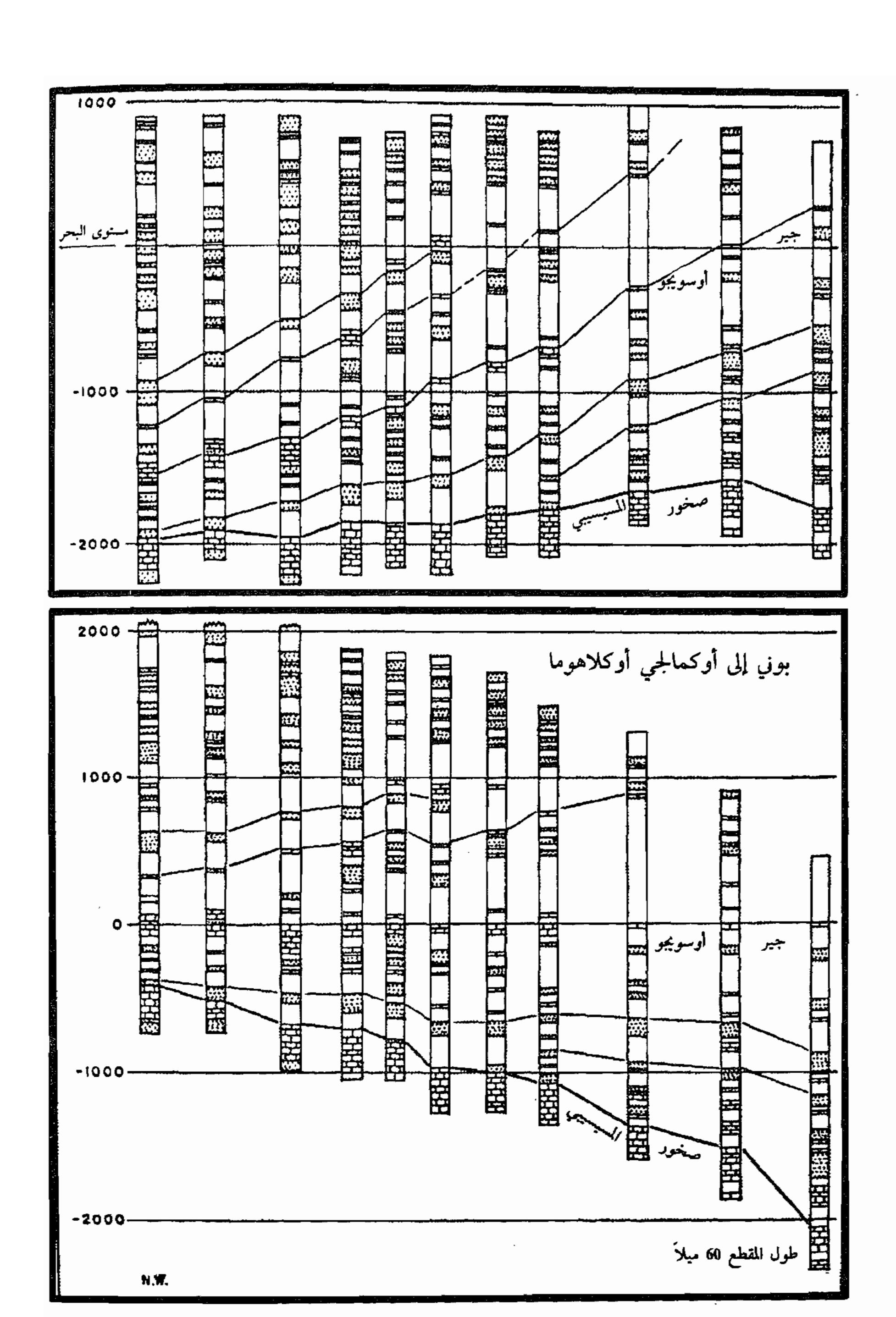
إن السبب لهذه الاعتبارات هو أننا عند حفر الآبار نصل أولاً إلى السطح العلوي، وهذا السطح يستعمل كمستوى قياسي عند ربط الآبار أو احتساب السمك أسفل هذا المستوى. وعند ذلك يمكن التعرف على الوضع التركيبي للسطح الأسفل نسبة إلى السطح الأعلى.

إن الشكل (9 ـ 6) المحور من Levorson (1972) يبين مقطعاً عرضياً في أوكلاهوما ويكون في المقطع العلوي المستوى القياسي هو سطح البحر ويبين الوضع التركيبي الحالي للصخور. أما في المقطع السفلي فإن طبقة اسويجو الجيرية اعتبرت هي السطح القياسي وتبين وضع الطبقات السفلى عند ترسيب الحجر الجيري السرئي.

إن لخرائط السمك الطبقي أفضلية على المقاطع الطبقية فإنها تبين التأثيرات خلال المسافات ومن رسم عدة خرائط وأخذ عدة مستويات مختلفة بالتتابع يمكن دراسة التطور التركيبي للمنطقة.

واعتيادياً تحصر المنطقة التي يتم فيها رسم خارطة تحت سطحية للمنطقة التي تكون تحت الطبقة العليا. فإذا رسمت صخور الكربوني الأسفل وحتى الأوردفيسي المتوسط فإن الخارطة ستنتهي في المنطقة التي يظهر فيها السطح الأعلى من طبقات الكربوني الأسفل على سطح الأرض وبهذه الطريقة فإن تأثيرات التعرية بعد العصر البرمي لم تدخل في الخارطة.

أما الطريقة الثانية لرسم الخرائط الممثلة لسمك الطبقات فهي أخذ كافة القيم المعلومة للسمك بغض النظر عن موقعها. فالفائدة من هذه الخرائط هي أنها تبين التوزيع الحالي للوحدات الطبقية على هذه الخارطة هذا وإن خط السمك



شكل (9 ـ 6)

مقاطع طبقية للعصر البنسلفاني في شرق أوكلاهوما (الولايات المتحدة الأميركية)

(Krumbein & Sloss, 1963)

الذي تكون قيمته صفراً يمثل المكشف الصخري للسطح السفلي للوحدة الطبقية، ويبيّن رسم خط الخارطة الحافة الداخلية للمكشف الصخري على سطح الأرض. أما تحت السطح فإن الخط الذي تكون قيمته صفراً يحدد المنطقة التي تكون الطبقة موجودة فيها. إن وجود المناطق التي تكون فيها القيمة صفراً تسبب مشاكل خاصة. في بعض الأحيان يكون من المعروف أن الفراغات الموجودة في الخارطة وعدم وجود الصخور هو نتيجة التعرية بعد الترسيب، فمثلاً عدم وجود صخور الباليوسين في جبال القرن الكبير والتلال السوداء هو نتيجة التعرية بعد الترسيب في المناطق التي تكون الدلائل على التعرية واضحة ويصبح ممكناً توصيل خطوط كونتورية قيمتها صفر بشكل مستمر.

أما في أحيان أخرى فإن المنطقة التي تكون القيمة فيها صفراً تكون تحت السطح وتمثل أما منطقة تعرية بعد الترسيب ومن ملاحظة الفترات الكونتورية ونوعية الصخور يمكن التحديد.

تفسير خرائط السماكة: Interpretation of Isopach Map

في حالة التفسير التركيبي التي تمثل سمك الطبقات، يفضل اختيار طبقات دالة لها امتدادات واسعة حتى يمكن فرض المستويات القياسية أفقياً، ولخرائط السمك المعتمدة على الفترة بين مستويي عدم توافق زاوي واسعة الامتدادات، يمكن أن يفترض أن واحداً منهما كان على مستوى أفقي عند تكوينه وبالطريقة نفسها إذا كانت الفترة بين سطح عدم توافق وطبقة قليلة السمك حجر الجير المستحاثي المتوافق التي تحوي أحياء من بيئة مياه ضحلة في الأعلى، يمكن أن تفرض أن الحجر الجيري كان أفقياً في وقت الترسب.

إن هنالك جزءاً مهماً من تفسير الخارطة للسمك الطبقي هي معرفة الحافة الأصلية لحوض الترسيب في قسم من حالات السمك الذي قيمته تساوي صفراً. ذلك السمك أو الخط الكونتوري يمثل خط الساحل ولكن في أغلب الأحيان فإنه يمثل حدود التعرية. إن معرفة خط الساحل في الخارطة يعتبر مسألة معقدة وتعتمد في الأساس على فهم طبيعة السحن الرسوبية قرب خط الصفر واحتمال بعدها عن

ساحل حوض الترسيب. وهكذا فإن استعمال خرائط السمك وخرائط السحن الرسوبية ما يساعد على تفسير المعلومات.

إن سلسلة من خرائط السمك لتتابع وحدات طبقية تعطي معلومات للاختلافات التركيبية التي حصلت في المنطقة ومنها يمكن حصر الزمن الذي حصل به التشويه. إن دراسة تفصيلية للتاريخ التركيبي مهمة جداً في عمليات استكشاف النفط لأنها تعطي فكرة عن احتمالات هجرة النفط وكذلك عن تخزينه في الصخور.

من المهم أيضاً في تفسير هذا النوع من الخرائط تحديد الانخفاض الأدنى أثناء فترة الترسيب. إذ أن الخارطة التي ترسم للتتابع الطبقي ولا يوجد فيها قمة مرتفعة لعدم التوافق تعطي فكرة حول الانخفاض النسبي أثناء فترة ترسب الطبقات ويحتاج اختيار طبقات دالة عليا وسفلى التي يمكن فرضها أفقية عند تكوينها.

إن بعضهم يرسم خرائط السماكة المتساوية لتعكس السماكة المقاسة والملاحظة والتي تعكس التوزيع الحالي للوحدة.. في مثل هذه الخرائط قد يعكس خط الصفر التكشف لقاعدة الوحدة.. في الخرائط تحت السطحية فإن خط الصفر يتابع من بئر لأخرى ليعكس التوزيع المساحي الكامل للوحدة، لكن في الخرائط المرسومة من صخور متكشفة.. فإن خط الصفر قد يرسم ليشمل الصخور المغتربة (Outliers). لكن المغتربات المدفونة لا يمكن تحديدها إلا بالحفر المكثف.

لما كانت السماكة تعكس المسافة بين دالتين (قاعدة الطبقة وسقفها) فقد ترسم بين سطوح تعرية أو تكون بين سطوح توافق، وقد تكون سطوح التعرية قبل الترسب أو بعده ـ إن حالات من الخلط بين خط الساحل (لا ترسب والسماكة صفر) وخط الصفر الكنتوري. إن العديد من الأدبيات عالجت الموضوع (كرمبيان 1963) (صفحة 401) وباختصار إن تحديد خط الساحل يستوجب الاطلاع على خرائط تفسيرية أخرى كخرائط الجغرافية القديمة وخرائط السحنات الحياتية

وخرائط نسبة الفتات الخ.

إن خط الصفر في خارطة السماكة الذي يمثل حدود الترسيب للوحدة الطبقية يدل على ما يلي:

1 ـ انتهاء الطبقات العليا للوحدة الطبقية على شكل وتدي.

2 ـ العلاقة بين الطبقات العليا والسفلى للوحدة الطبقية هي علاقة اعتلاء.

3 ـ جميع طبقات الوحدة تقل سماكتها تدريجياً باتجاه خط الصفر.

4 ـ توافق اتجاهات التغيرات السحنية مع تغيرات السماكة.

5 ـ يكون معدل تغير السماكة منتظماً باتجاه خط الصفر.

6 ـ توافق التغيرات المنتظمة في السحنات الحياتية مع تغيرات السماكة.

أما خط الصفر الذي يمثل انتهاء الوحدة الطبقية بسبب التعرية فإنه يتمثل بما يلي:

1 ـ وقوع خط الصفر على حافة الطبقات السفلى للوحدة الطبقية.

2 ـ العلاقة بين الطبقات العليا والسفلى للوحدة الطبقية هي علاقة تنحٍ.

3 ـ يتغير سمك الطبقات العليا تدريجياً باتجاه خط الصفر بينما يبقى سمك الطبقات السفلى ثابتاً.

4 ـ عدم توافق اتجاهات التغيرات السحنية مع تغيرات السماكة.

5 ـ يكون معدل تغير السماكة غير منتظم وبين تغير فجائي باتجاه خط الصفر.

6 ـ عدم توافق تغيرات السحنات الحياتية مع تغيرات السماكة.

تستعمل خرائط السمك لدراسة الانخفاض في وقت الترسيب بالاضافة إلى النمو التركيبي الموضعي أثناء الترسيب. إن معرفة الأهمية لهذه الخرائط في الدراسات الطبقية بصورة خاصة والجيولوجية بصورة عامة حديث نسبياً حيث كان يعتقد أن تجمع الرمال على بعض التراكيب وتغيره جانبياً بصورة تدريجية أن يتحول إلى طفال سببه هو ترسيب الرمال في المياه الضحلة وترسيب الطفل في المياه الأكثر عمقاً. بعد أن تدفن الرواسب يتسبب عن ذلك الرص لهذه الرواسب

ويكون رص أكثر من الرمال وعليه فالرمال تكون تراكيب أكثر مرتفعة حيث فسرت كثيراً الطفل من التراكيب في الولايات المتحدة الأميركية على هذا الأساس على وعلى أساس النمو التركيبي الموضعي الذي يحصل أثناء الترسيب أيضاً إضافة إلى الرص التفاضلي الذي يعتبر خطوة مهمة في معرفة العلاقات بين الترسيب والحركات الأرضية.

الخرائط الجيومورفولوجية القديمة Palaeogeomorphological Maps

من الاستعمالات المهمة لخرائط السماكة الطبقية إعادة بناء الجيومورفولوجية، أي أشكال التضاريس الأرضية لوحدة طبقية معينة. لذا ترسم خارطة السمك لوحدة طبقية قليلة السمك وترسم عادة فوق سطح عدم توافق رئيسي أو سطح تعرية له تضاريس ملموسة وتكون مغطاة بطبقة دالة متوافقة طبقياً وتقع على ارتفاع 100 قدم إلى 200 قدم فوق سطح عدم التوافق الطبقي. وعند رسم وحدة طبقية عند ذلك يمكن تبيان التضاريس المهمة أو الرئيسية. فيمكن تحديد الـ Questas وأيضاً أنظمة التصريف المائي على سطح التعرية الأصلية كما أن هنالك استعمالات أخرى لخرائط السماكة الطبقية إذ تستعمل في دراسة السحن الصخرية حيث ترسم خطوط المناسيب للسمك وتحدد السحن على خارطة واحدة. وبهذه الطريقة يمكن تحديد العلاقة بين شكل الوحدة الطبقية بالأبعاد الثلاثة مع التغييرات الجانبية في التركيب الصخري.

الخرائط الجيولوجية القديمة Paleogeologic Maps

لقد حصل تقدم مهم في رسم الخرائط الطبقية عندما اكتشف الجيولوجيون إمكانية توزع التكوينات الصخرية على سطح عدم توافق يقع تحت السطح. وعلى سبيل المثال حصراً في مناطق صخور العصر الكربوني الأعلى فإن هذه الصخور تكون مفصولة عن الصخور الأقدم بسطح عدم توافق رئيسي. إذ يمكن رسم خارطة للمنطقة تبين التكوينات التي كانت ظاهرة على السطح عندما كانت بحار العصر الكربوني الأعلى قد غطت سطح التعرية.

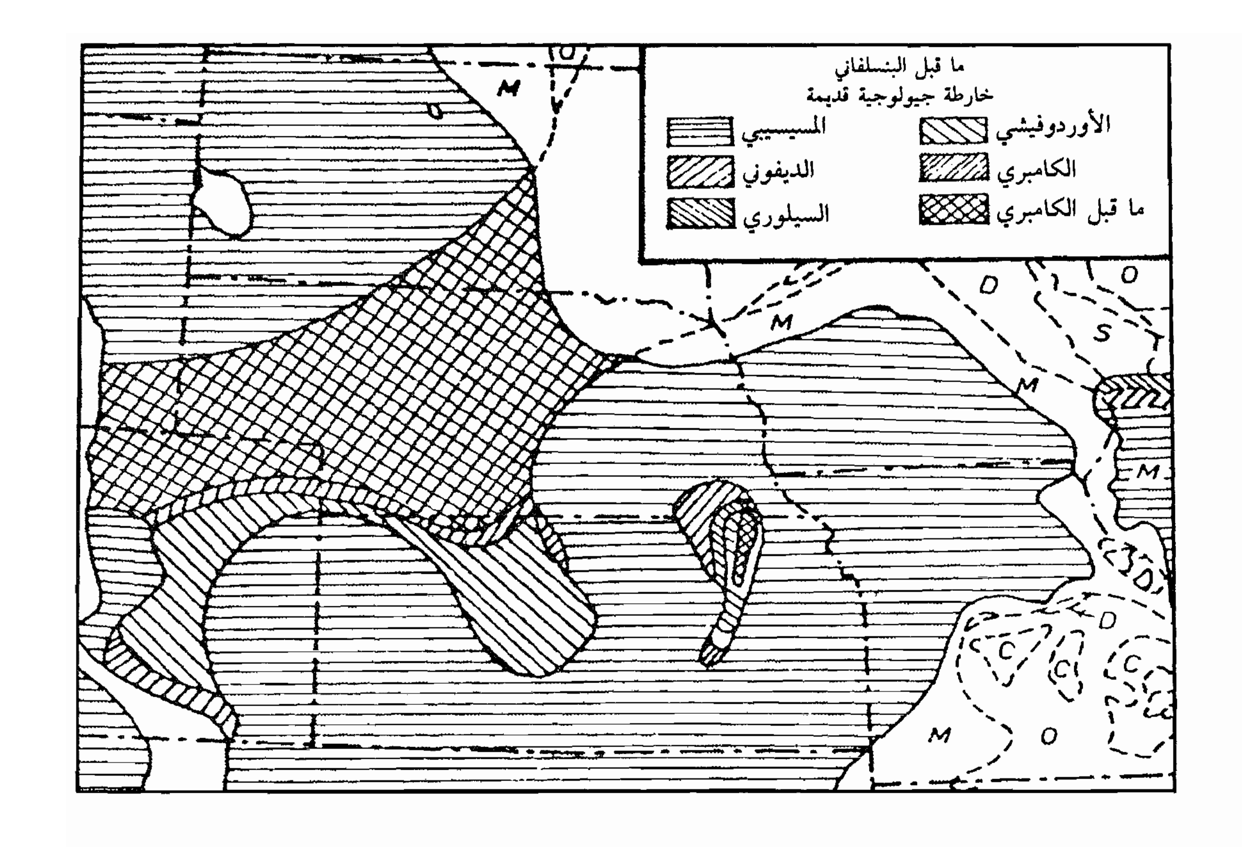
إن هذه الخرائط التي تسمى خرائط الجيولوجية القديمة استعملت من قبل

Levorson (1933). وإنها مهمة في البحث عن النفط والغاز لأنها تبين أعمار ونوعية الصخور التي تكون تحت عدم توافق رئيسي. أن الخرائط التي تبين الجيولوجيا تحت وحدة طبقية تسمى خرائط تحت المكشف Subcrop Maps أو خرائط جيولوجية قديمة. وبالطريقة نفسها يمكن رسم الوحدات الطبقية فوق جسم صخري معين وهذه الخارطة تسمى فوق مكشفية Super Crops Maps. إن الخرائط المكشفية وفوق المكشفية تعطي معلومات حول العلاقات الهندسية بين الوحدة الطبقية والكتل الصخرية التي تكون تحتها وفوقها. ولأجل الدراسة التحليلية الكاملة يجب مقارنة هذه الخرائط مع خرائط السمك الطبقي والخرائط الكونتورية التركيبية بمقارنة الخارطة تحت المكشفية مع التغييرات في السمك في وحدات طبقية متتالية مبينة في خرائط السمك يمكن الاستفادة منها لمعرفة الأهمية الاقتصادية لهذه الوحدات الطبقية.

إن المعلومات التي نحتاجها لرسم الخرائط الجيولوجية القديمة هي الوحدة الطبقية على سطح المستوى القياسي كذلك الفترة الزمنية قبل الكربوني الأعلى. في مثالنا السابق أعلاه. ويجب أن تكون الصخور مباشرة تحت هذا العصر فإن المعلومات تثبت في نقاط سيطرة معينة وترسم الخارطة الجيولوجية بتحديد الحدود الطبقية بين التكوينات الصخرية المختلفة. وإذا وضعت الخارطة بشكل صحيح ودقيق فإن الخارطة الجيولوجية القديمة تبين توزيع وتركيب الصخور في نفس طريقة الخارطة الجيولوجية على السطح. ان الشكل (9 ـ 7) يمثل خارطة جيولوجية قديمة وتكون حدود صخور الكربوني الأعلى هي حدود هذه الخارطة.

إن هذه الخارطة تبين أن صخور الكربوني الأسفل قد تعرت في مناطق واسعة قبل ترسيب صخور الكربوني الأعلى حيث يعتقد أن المنطقة برمتها كانت مغطاة بصخور الكربوني الأسفل لأن صخور الكربوني الأسفل والموجودة على الحافات هي من الحجر الجيري وعليه يعتقد أن الساحل كان خارج نطاق هذه الخارطة.

من دراسة الجيولوجيا يتبين أن الحركات التركيبية حدثت في نهاية الكربوني الأسفل وبداية الكربوني الأعلى. كما أن الارتفاعات على بعض الحروف العالية



شكل (9 ـ 7)

خارطة جيولوجية قديمة

(المصدر عن Krumbein & Sloss, 1963)

تسبب عدم توافقات مائلة (زاوية) موضوعة بين قاعدة الكربوني الأعلى وفي الجزء الأعلى من الكربوني الأسفل. إن هذه التراكيب المدفونة تحت السطح والتي لم تتوضح من وضع صخور الكربوني الأعلى الحالية ولكنها تشكل مكامن نفطية مهمة

درس Levorson عدم التوافق الطبقي الاقليمي فوجد أن عدم التوافق يحصر طبقات في العمود الجيولوجي يختلف بعضها عن البعض بتركيبها ومكوناتها الصخرية. وفي سنة 1942 بين Levorson أهمية هذه الطبقات لوجود مكامن نفطية تحت سطح عدم التوافق الرئيسي في مناطق كثيرة.

الخرائط السحنية Facies Maps

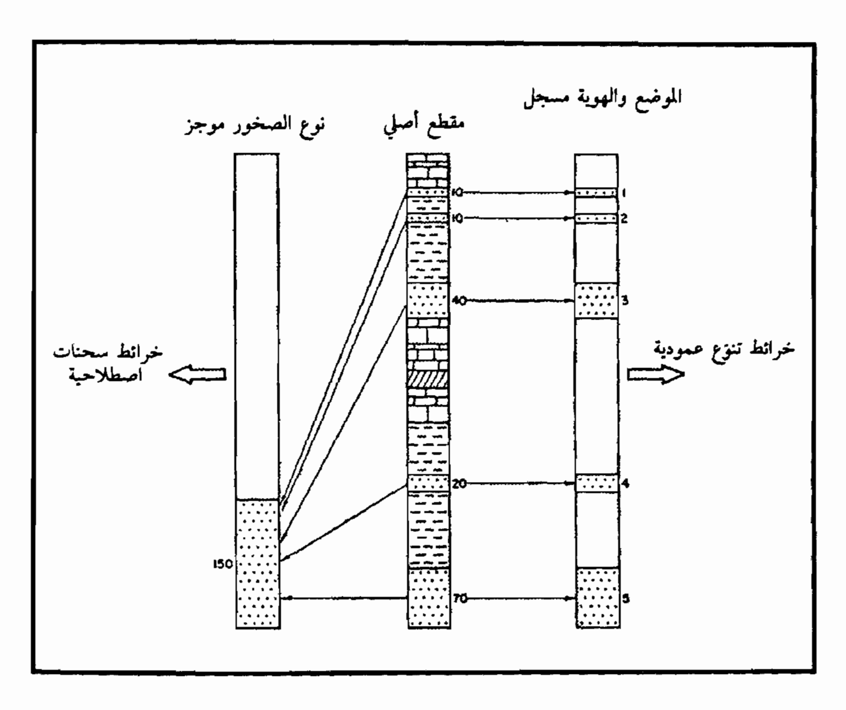
إن الخارطة السحنية تبين الاختلاف السطحي في مظاهر معينة في الوحدة الطبقية وأن المظاهر للوحدة في أي نقطة هو ملاحظة أي ميزة صخرية أو بيولوجية في تلك النقطة.

إن الخارطة السحنية التي يعتمد في بنائها على الناحية الصخرية تسمى خرائط السحن الصخرية Lithofacies.

وسنؤكد على هذا النوع من الخرائط لأن المعلومات الصخرية أكثر بكثير من المعلومات البيولوجية للوحدات الصخرية. وعلى وجه التقريب فإن لكل نوع من الخرائط السحنية الصخرية توجد خريطة سحنية حياتية مناظرة لها. كما أنه لا يمكن تمثيل كافة نواحي التركيب الصخري لوحدة ستراتغرافية بأي رمز على الخارطة، وفي هذه الحالة نحتاج إلى نوع من الخرائط الخاصة لتبيان هذه الظواهر بدقة. إن خارطة السمك للصخور تستعمل كقاعدة لتبيان توزيع السحن الصخرية وبصورة اعتيادية تحدد الوحدات الطبقية باستعمال طبقات دليلة. وفي بعض الحالات فإن قسماً من الخرائط السحنية ترسم لأجزاء من الوحدة الستراتغرافية، وعلى سبيل المثال لا الحصر فإن وجد تتابع طبقي يبلغ سمكه 500 قدم فوق أو تحت السطح القياسي وتسمى هذه الخرائط بالخرائط الشريحية (Slice Map) ويكون سمكها متساوياً في كل مناطقها، لذا فإن هذه الخارطة لا تعتمد على

خارطة السمك كقاعدة لرسمها. في أكثر دراسات السحن الرسوبية تستعمل سلسلة من الخرائط كل منها تبين جانب معين أو ناحية معينة من الوحدة الصخرية الممثلة في الخارطة. إن الخارطة السحنية التي تبين الاختلاف المساحي في نسبة الرمل في الوحدة الطبقية لا تعطي معلومات حول ما إذا كان الرمل موجوداً ضمن تلك الوحدة الطبقية باعتبارها طبقة واحدة أو فيما إذا كانت عدة طبقات أو كان الرمل موجوداً في أعلى أو أسفل الوحدة الطبقية ويحتاج إلى تحضير نوع خاص من الخرائط لتبيان هذه العلاقات.

وكما هو مبين في الجدول (9 ـ 2) فإنه توجد أنواع من الخرائط السحنية الصخرية أن الشكل (9 ـ 8) مقطع طبقي موزع بين الرمل والطفل وغيرها من أنواع الصخور وهناك يعتبر الرمل هو موضوع الاهتمام ولغرض تحضير خارطة سحنية تقليدية تحسب الكمية للرمل في المقطع وذلك باحتساب كافة أجزاء الرمل الموجودة وكأنه كتلة واحدة كما هو مبين.



شكل (9 ـ 8)

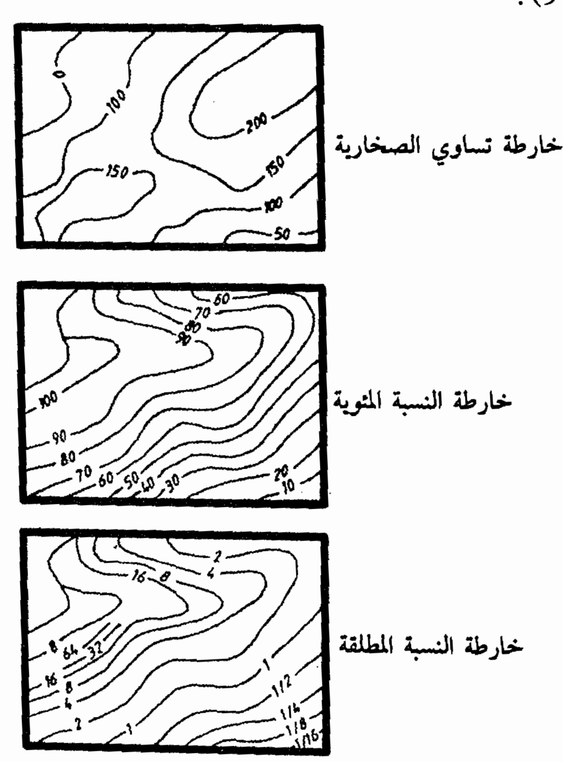
طرق جمع المعلومات عن الصخور الرملية في مقطع طبقي لعمل الخرائط الطبقية

(أ) الخرائط السحنية لنوع واحد من الصخور:

يعتمد وضع هذا النوع من الخرائط الطبقية إما على مجموع سمك أحد المكونات اللثولوجية للوحدة الطبقية أو نسبة سمك هذا النوع إلى السمك الكلي للوحدة الطبقية.

1 ـ خارطة سماكة نوع واحد من الصخور:

عند تسجيل مجموع سمك طبقات أحد أنواع الصخور ولنأخذ مثال على ذلك الحجر الرملي ضمن الوحدة الطبقية عند كل نقطة من نقاط القراءة على الخارطة ورسم خطوط كنتورية لهذه القيم فإن الخارطة الناتجة هي خارطة سماكة للحجر الرملي وتبين التغيرات السطحية في سمك الحجر الرملي المطلق للوحدة الطبقية شكل (9 ـ 9).



شكل (9 ـ 9)

خارطة تساوي الصخارية وخارطة النسبة المئوية وخارطة النسبة المطلقة

2 ـ خارطة النسبة المئوية:

في هذا النوع من الخرائط تصل الخطوط الكنتورية بين النقاط التي تمثل النسبة المئوية لسمك أحد أنواع الصخور إلى السمك الكلي للوحدة الطبقية وتستعمل فترة كنتورية مثل 5% أو 10% شكل (9 ـ 9).

(ب) الخرائط السحنية لأكثر من نوع واحد من الصخور:

يبين هذا النوع من الخرائط الطبقية العلاقة بين اثنتين أو ثلاث أو أربع من المكونات اللثولوجية للوحدة الطبقية ودرجة الخلط بينها.

1 ـ العلاقة بين اثنين من المكونات اللثولوجية:

يتم عمل خارطة النسبة في هذه الحالة وهي خارطة تمثل نسبة السمك بين اثنين من المكونات اللثولوجية مثلاً الرمل والسجيل أو المكونات الفتاتية وغير الفتاتية شكل (9 ـ 9). ومن الأمثلة الجيدة لاستخدام هذا النوع من الخرائط هو خارطة النسبة بين الرمل والسجيل حيث تتكون العلاقة بينهما مهمة في دراسة المستودعات الرملية والصخور المجهزة.

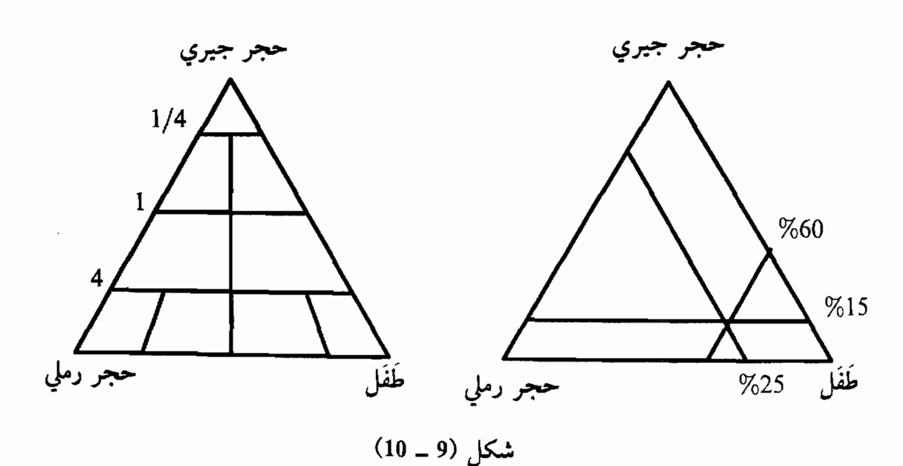
2 ـ العلاقة بين ثلاثة من المكونات اللثولوجية:

عندما تشمل الدراسة السحنية ثلاث مكونات لثولوجية مثلاً رمل وسجيل وحجر كلس تمثل العلاقة بينها باستعمال مثلث الـ 100 بالمئة وفي بعض الأحيان في النظام الذي يحتوي على أربع مكونات يتم ليصبح اثنان من المكونات مثلاً حجر الكلس والمتبخرات التي تمثل مجموعة غير فتاتية لكي يسهل استعمال المثلث السحني.

ـ لرسم النقاط على المثلث السحني يعاد حساب المكونات الثلاث المختارة من 100% ويعتبر رأس المثلث الذي يمثل أحد المكونات يساوي 100 والجانب المقابل له صفر شكل (9 ـ 10أ) والمعتاد تسيطر كل نقاط الخارطة على المثلث.

ـ إن توزيع النقاط على المثلث السحني لا يبين فقط مكونات العمود الطبقي

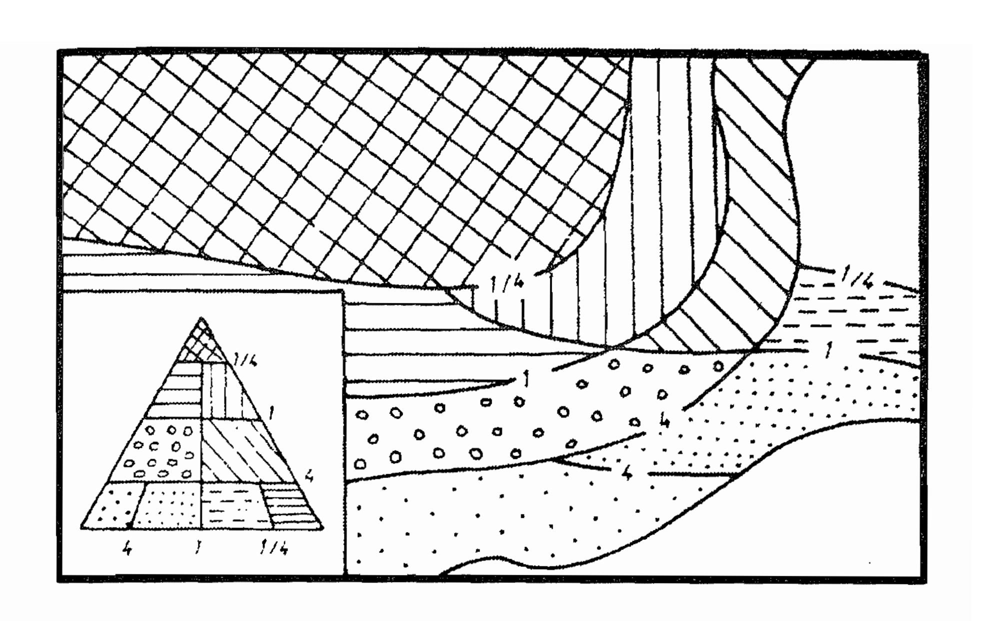
بل يزودنا بتحليل أولي للمعلومات لغرض عمل الخارطة السحنية ويعطينا فكرة عن طبيعة الخرائط السحنية التي يجب أن ترسم لكي تعطي أكبر كمية من المعلومات عن الوحدة الطبقية أو الفترة التي هي تحت الدراسة. ويقسم المثلث إلى عدد من الأقسام التي تبين نسب معينة من المكونات الثلاث الشكل (9 ـ 10ب). فإن التقسيمات العمودية تبين النسبة بين المكونات الفتاتية أي الرمل والسجيل اما التقسيمات الأفقية فتعطي النسبة الفتاتية أي نسبة الرمل زائداً السجيل إلى حجر الكلس وتوضع خارطة السماكة عادة برفقة الخارطة السحنية التي تمثل خطوطها الكنتورية أما نسبة الرمل إلى السجيل أو النسبة الفتاتية أو تقسم الخارطة إلى 9 مناطق سحنية اعتماداً على أقسام المثلث السحني الذي يعطي لكل جزء منه رمز معين يعكس قدر الامكان المكونات اللثولوجية. الشكل (9 ـ 11).



شكل (9 ـ 10)

(أ) اسقاط أحد النقاط على مثلث الـ 100٪ لثلاث مكونات حيث تمثل النقطة 60٪ سجيل، 25٪ حجر رملي و 15 حجر كلس.

(ب) تقسيم المثلث بواسطة خطوط النسبية التي تعكس نسبة الجزء الفتاتي إلى الجزء الغير فتاتي ونسبة الرمل إلى السجيل.



شكل (9 ـ 11)

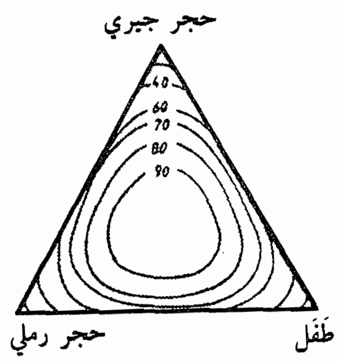
خارطة سحنيات على أساس المثلث السحني المقسم إلى نسب بين المكونات الثلاث.

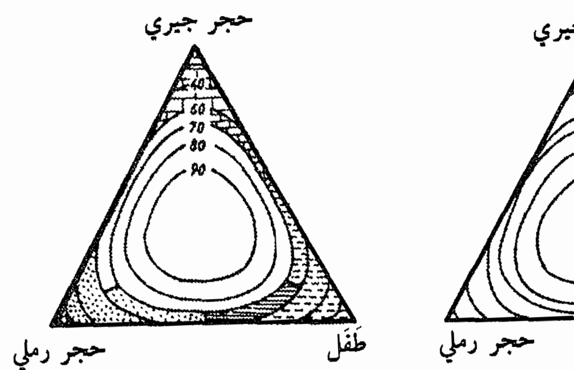
ـ اما خارطة درجة الخلط فيتم إعدادها باسقاط النقاط على المثلث التي قسم إلى أجزاء بواسطة خطوط تبين درجات الخلط بين المكونات الثلاثة وأعلى نقطة في المثلث تمثل 33,3% في كل من المكونات الثلاث الشكل (9 ـ 12أ)، وقد يستعاض عن استعمال المثلث لحساب درجة الخلط في كل نقطة بواسطة معادلة حسابية. وباستعمال تقسيم آخر للمثلث يعكس النسبة بين كل اثنين من المكونات يمكن إعداد خرائط درجة الخلط والنسبة الشكل (9 ـ 12ب).

ـ ويتم إعداد خرائط الحيود السحني بتحديد اختلاف نقاط القراءة عن سحنة معينة ذات نسبة معينة من المكونات الثلاث مثلاً السحنة الموجودة في المفصل التكتوني لحوض الترسيب الشكل (9 ـ 13).

3 ـ العلاقة بين أربعة من المكونات اللثوجية:

في بعض الأحيان تتطلب الدراسة الأخذ بنظر الاعتبار أربعة من المكونات اللثولوجية مثلاً حالة وحدة طبقية تحتوي على كميات كبيرة من الرمل والسجيل

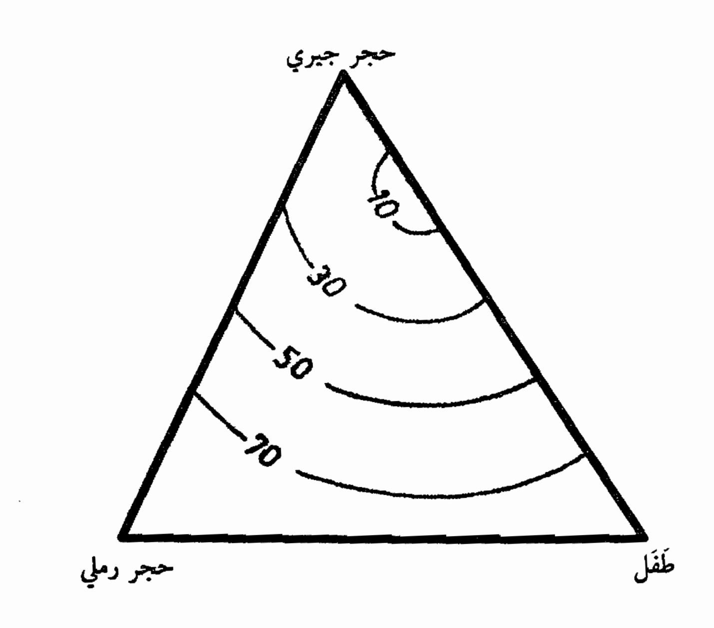




شكل (9 ـ 12)

(أ) تقسيم المثلث على أساس درجة الخلط بين المكونات الثلاثة

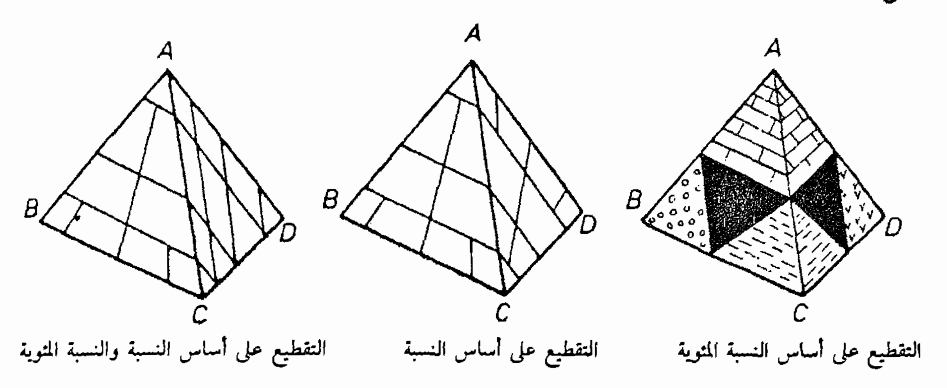
(ب) تقسيم المثلث إلى أقسام إضافية للنسبة بين كل اثنين من المكونات.



شكل (9 ـ 13)

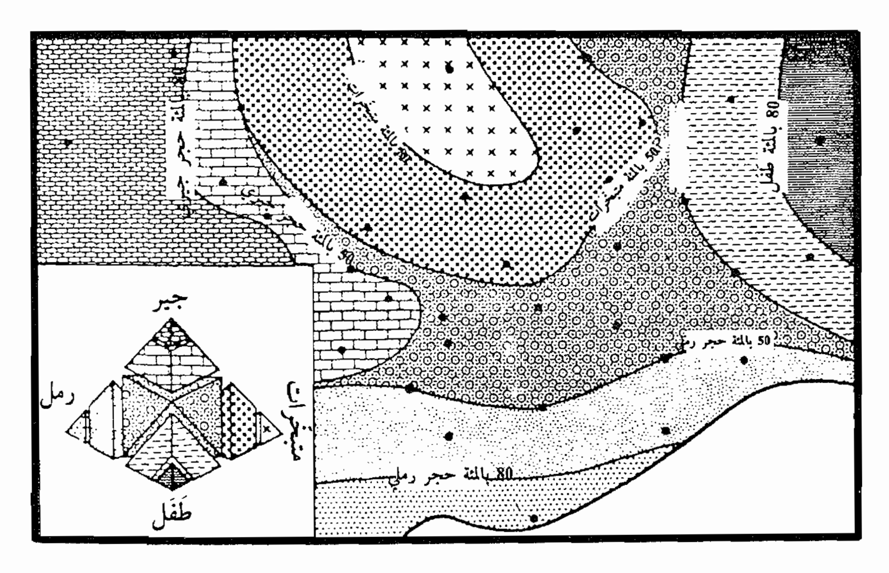
تقسيم المثلث على أساس درجة الحيود عن السحنة الرسوبية المتخذة كأساس في الدراسة.

وحجر الكلس والمتبخرات لذا يستعمل شكل رباعي الأوجه تمثل كل من أطرافه الأربعة واحدة من المكونات ويقسم هذا الشكل اما على شكل نسب مئوية للمكونات أو نسبة بين أي من المكونات أو يشمل الاثنين معاً الشكل (9 ـ 14) ويعطي لكل قسم من الأقسام رمز معين ترسم على أساسه الخارطة السحنية. الشكل (9 ـ 15).



شكل (9 ـ 14)

أقسام الرباعي الأوجه السحني على أساس النسب المئوية للمكونات أو النسبة بين كل اثنين منها.



شكل (9 ـ 15)

خارطة سحنية على أساس رباعي الأوجه السحني المقسم على أساس النسب المئوية للمكونات الأربعة.

2 ـ خرائط التغيرات العمودية:

يعد هذا النوع من الخرائط الطبقية لتوضيح الاختلافات العمودية من ناحية المكونات والهندسة الداخلة ضمن الوحدة الطبقية ويمكن إعداد نوعين من هذه الخرائط الأول اعتماداً على احد المكونات الرئيسية للوحدة الطبقية والثاني يشمل عدداً من المكونات اللثولوجية.

(أ) موقع وسمك وتكرار أحد أنواع الصخور:

يمكن عمل عدة أنواع من الخرائط التي تبين المتغيرات العمودية لأحد المكونات، فإذا كان تغير السمك في طبقات الرمل مثلاً صفة تثير الاهتمام فيحسب معدل سمك طبقات الحجر الرملي وترسم خارطة كنتورية تبين المتغيرات في معدل سمك طبقات الحجر الرملي ضمن الوحدة الطبقية في المنطقة المدروسة. كذلك يمكن عمل خارطة تبين تكرار طبقات الحجر الرملي ضمن المقطع وخارطة تبين موقع تلك الطبقات بالنسبة إلى قمة التتابع الطبقي المدروس.

(ب) درجة التعاقب بين الطبقات:

يكون إعداد خرائط التغيرات العمودية لعدد من المكونات أكثر صعوبة حيث يؤخذ بنظر الاعتبار الاختلافات بالسمك للطبقات المختلفة ضمن الوحدة الطبقية، مثال على ذلك الخارطة المجزأة حيث يقسم التتابع الطبقي إلى ثلاث أقسام متساوية مثلاً وتقاس كمية الحجر الرملي مثلاً في كل جزء ويوضع المثلث السحني ممثلاً لأجزاء المقطع الثلاثة ويقسم إلى نسب تبين الاختلافات في كمية الحجر الرملي من جزء إلى آخر.

3 ـ الهندسة الداخلية والمكونات:

يتضمن هذا النوع من الخرائط دراسة نوع واحد من الصخور أو جزء معين من الوحدة الطبقية وحتى طبقة واحدة، وقد يتم اختيار طبقة من الحجر الرملي حيث تعد خارطة تبين التغيرات السطحية لمعدل حجم الحبيبات أو درجة الفرز أو

اتجاهات التطبق المتقاطع وتعد خرائط للمسامية والنفاذية لغرض الاستكشاف وتقيم المستودعات النفطية. ويتم إعداد خرائط المعادن الثقيلة لاستنتاج الصخور المجهزة واتجاهات نقل الرمال. ويمكن إطلاق اسم الخرائط الطبقية الترسيبية لمجموعة كبيرة من الخرائط التي تبين التغيرات في المكونات والهندسة الداخلية للوحدات الصخرية.

(جـ) الخرائط المشتقة والمركبة والمستنتجة:

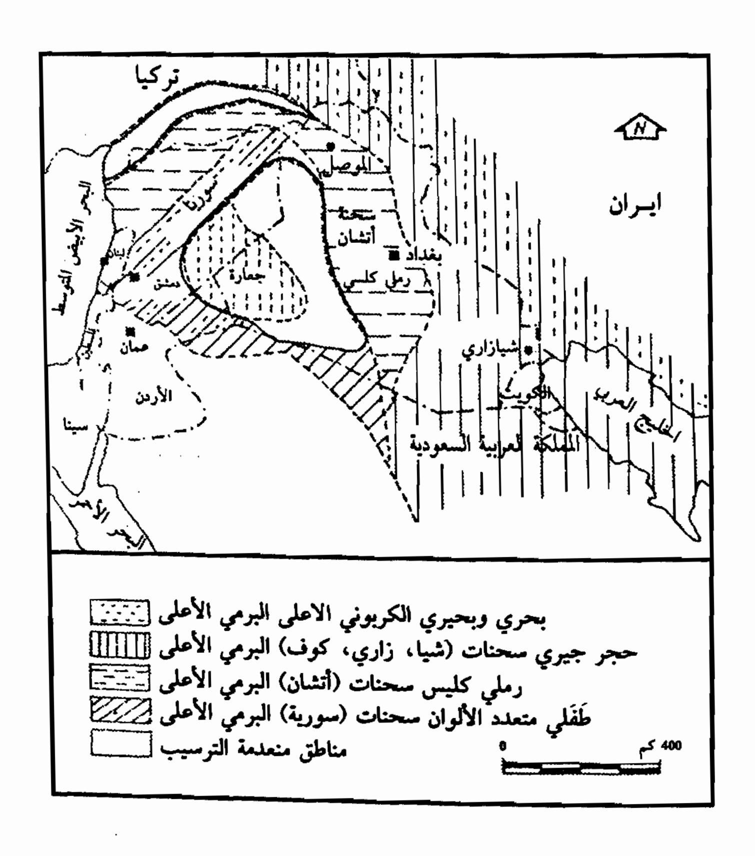
يعتبر هذا النوع من الخرائط الطبقية بنتيجة نهائية بحد ذاتها حيث تمثل مركبة لمجموعة من الخرائط أو أن أحد الخرائط تمت معاملة معلوماتها معاملة رياضية أو احصائية والخارطة الناتجة تكون مشتقة أو مركبة، ويتم إعداد الخارطة المركبة عادة بدمج المعلومات لخارطتين أو أكثر مثلاً خارطة المثلث السحني التي تحتوي على مجموعتين من خطوط النسبة. وكذلك يمكن دمج خارطة سماكة وحدة حجر رملي مع خارطة التغيرات العمودية للنسيج وتستعمل رموز مختلفة.

يمكن إعداد الخارطة التكتونية القديمة شكل (9 ـ 16) على أساس خرائط السماكة والخرائط السحنية حيث يتم تحديد العوامل التكتونية المرتفعة والمنخفضة خلال تجمع الوحدة الطبقية، وعلى عكس الخارطة المركبة التي تعد بدمج معلومات أكثر من خارطة واحدة فإن خارطة معدل التغيير يتم إعدادها بتحليل الخطوط الكنتورية حيث يتناسب معدل تغير التراكيب والسمك أو مكونات الوحدة الطبقية عكسياً مع المسافة بين الخطوط الكنتورية ويمكن مثلاً استنتاج موقع المفصل التكتوني من مناطق أكبر معدل تغيير في سمك الوحدة الطبقية وبمحاولة مطابقة معدلات التغير في السمك مع معدلات التغير في السحنات الترسبية يمكن استنتاج فيما إذا كان التغير الرئيسي في السحنات الترسيبية يطابق المفصل التكتوني أو مزاح باتجاه الحوض أو الرف القاري بعيداً عن موضع أعلى معدل للتجلس.

أما خرائط الاتجاهات السطحية فيتم استعمال طرق تحليل الخرائط لفصل التغيرات المحلية في المعلومات الطبقية عن الاتجاهات العامة للتغيرات السطحية. أن الخارطة الطبقية هي إحدى الوسائل لاستنتاج العوامل التكتونية والترسيبية

وعوامل التعرية التي ينتج عنها الشكل الهندسي ومكونات الجسم الصخري. والعوامل الجيولوجية تكون إما منتشرة على نطاق واسع ينتج عنها تغيرات منتظمة في صفات الجسم الصخري أي تشمل كل الهيكل التكتوني الترسيبي للبيئة. أو يكون تأثيرها على نطاق محلي مثل التغيرات الثانوية في البيئة الترسيبية ومن التراكيب ضمن منطقة الترسيب الواسعة أو عمليات التعرية المحلية.

إن الفصل بين معلومات الخارطة التي تمثل التأثيرات المحلية عن الاتجاه العام يدعى بتحليل الاتجاهات السطحية وبهذه الطريقة يمكن فصل الخارطة الطبقية إلى خارطتين واحدة تبين الاتجاهات العامة والأخرى التأثيرات المحلية.



شكل (9 ـ 16)

خارطة تكتونية سحنية للكربوني إلى البرمي من شمال العراق

(عن **Buday, 1980**)



المصادر

المصادر العربية

ابن أبـي أصيبعة

عيون الأنباء في طبقات الأطباء

شرح وتحقيق الدكتور نزار رضا، منشورات دار مكتبة الحياة ـ بيروت. 1965م

ابن سينا بن عبد الله

الطبيعيات والمعادن والآثار العلوية

تحقيق عبد الحليم منتصر وآخرون ـ القاهرة 1965م.

البيروني، أبو الريحان محمد بن أحمد البيروني الخوارزمي

ـ الآثار الباقية عن القرون الخالية

طبعة لايبزك، 1923

ـ تحقيق ما للهند من مقولة مقبولة في العقل أو مرذولة... للبيروني بقلم أحمد الساداتي تراث الإنسانية، المجلد 3، 1965 ـ الدار المصرية للتأليف والترجمة

ـ تحقيق ما للهند من مقولة مقبولة في العقل أو مرذولة... صحح عن النسخة القديمة المحفوظة في المكتبة الأهلية بباريس (مجموعة شيفر رقم 6080) مطبعة مجلس دائرة المعارف العثمانية بحيدر آباد ـ الهند 1958م.

حكمت نجيب عبد الرحمن

دراسات في تاريخ العلوم عند العرب

مؤسسة دار الكتب للطباعة والنشر ـ جامعة الموصل، 1977.

عبد الله السياب

البيئة القديمة والتطبق الحياتي..

مطبعة جامعة بغداد.. 1984

عبد الله السياب وجاسم علي الجاسم

علم الطبقات

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي ـ جامعة بغداد، 1980

عبد الله السياب ومحمد حسن عبد الحميد

جيولوجيا النفط.

مطبعة جامعة بغداد ـ 1979.

فاروق صنع الله العمري

تاريخ علوم الأرض

مؤسسة دار الكتب للطباعة والنشر ـ جامعة الموصل 1984م.

فاروق العمري، سمير أحمد عوض، جاسم علي الجاسم

الجيولوجيا الطبيعية والتاريخية

مؤسسة دار الكتب للطباعة والنشر ـ جامعة الموصل ـ 1985م

فاروق العمري وطارق عباوي

علم المتحجرات

مؤسسة دار الكتب للطباعة والنشر ـ جامعة الموصل ـ 1982م.

عبد الهادي الصائغ وفاروق العمري

الجيولوجيا العامة

مطبعة جامعة الموصل، 1977

محمد بيصار

الفلسفة اليونانية ـ مقدمات ومذاهب

دار الكتاب اللبناني ـ بيروت، 1973م.

Adams, F. D., 1938

The birth & development of the Geological Sciences, Dover Publications, Inc, New York.

Al- Rawi, Y.T., Sayyab, A.S., Jassim, J.A., Tammar Agha, M., Al-Sammarai, A.L., Karim, S.A., Basi, M.A, Dhiab, S.H., Faris, F.M. and Anwar F., 1992,

Vol. 25, No.1 (Issued 1993)

New Names for some of the Middle Miocene Pliocene Formations of Iraq (Fat'ha, Injana, Mukdadiya and Bai Hassan Fms.)

Iraqi Geological Journal Vol. 25, No.1, pp.1-17.

Al- Naqib, K.M., 1960.

Geology of the Southern Area of Kirkuk Liwa, IRAQ

Second Arab Petroleum Congress, Beirut, October 1960.

Arabian Gulf., Geology & Productivity.

Selected papers reprinted from AAPG Bulls & Special publications.

Compiled by Anthony E. L. Morris.

Bellen van, Dunnington H.V., Wetzel R., & Morton, D.M., 1959.

Lexique Stratigraphique International, Vol. III

ASIE, Fascicule 10 a IRAQ

Centre National de la Recherche Scientifique

13, quai Anatol France, Paris VIIe.

Berry, W.B., 1968.

Growth of a Prehistoric Time Scale.

W.H. Freeman & Co., San Fransisco & London.

Billings, M.P., 1971.

Structural Geology.

Prentice Hall Inc. Englewood Cliis, New Jersey.

Bishop, M., 1960.

Subsurface mapping

New York, John Wiley and Sons.

Bolli and Cita, 1960.

Planktonic Foraminifera Northern Italy.

Report of the 21st Session Norden, 1960.

Part V. The Cretaceous- Tertiary Boundary

Buday, T., 1980.

Stratigraphy and Paleogeography

In: Kassab, I.I.M. and Jassim, S.Z., (eds.): The regional geology of Iraq, SOM (D.G. Geol. Surv. Min. Invest.), Baghdad, 445p.

Dunbar, C.O., & Rodgers. J. 1957.

Principles of Stratigrapy

New York. John Wiley & Sons, Inc.

Dunnington, H.V., 1958.

Generation, migration, accumulation and dissipation of oil in northern Iraq.

In Weeks, L.G. (ed.) Habitat of oil, Tulsa, Am. Asso Pet. Geol. pp. 1194- 1257 in.

Eysinga, Van: F.W., 1970.

Stratigraphic Terminology and Nomenclature, A guide For Editors & Authors.

Earth Science Review, Vol. 6 pp.267 288

Harland, W.B., Cox, A.V; Pickton, C.A., Smith, A.G., and Walters R., 1982.

A Geologic Time Scale, Cambridge Univ. Press.

Hedbergy. H., 1961 (editor)

Stratigraphic Classification and Terminology International

Geological Congress. Report of the 21st Session, Norden, Part xxv, 1960.

Hyne, N., J., 1984.

Geology For Petroleum Exploration.

Drilling and Production.

Mac- GRAW- Hill Book Co., New York.

International Subcommission on Stratigraphic Classification (ISSC)

Preliminary Report on Lithostratigraphic Units

Report No. 3

Montreal, Canada, 1970.

ISSC.

Preliminary Report on Stratotypes

Peport No. 4

Montreal, Canada 1970.

ISSC

Preliminary Report on Biostratigraphic Units

Report No. 5.

Montreal, Canada 1971

ISSC

Preliminary Report on Chronostratigraphic Units

Report No. 6.

Montreal, Canada 1971

ISSC

An International Guide to Stratigraphic

Classificatio, Terminology & Usage.

Report No. 7, Olso, 1972.

Introduction to Schlumberger Well logging, 1958. Schlumberger Document No. 8.

James, G.A., and Wynd, JG., 1965.

Stratigraphic Nomenclature of Iranian Oil

Consortium Agreement Area

A APG. Bulletin, Vol. 49, No. 12, pp. 2182 - 2245

98 Figs., 1 Table.

Kay, M., 1945.

Paleogeographic and Palispastic maps

Am. Asso. Petrol. Geol. Bull., Vol. 22, pp. 426-450

Kirkadly, J.F., 1971.

Geological Time

Oliver & Boyd Edinburgh

Krumbein, W. C., and Sloss, L.L, 1963.

Stratigraphy and Sedimentation

W. H. Freeman & Co., San Francisco.

Kummel, B., 1970.

History of the Earth.

W.H. Freeman & Co. San Francisco.

Lahee, F.H., 1961.

Field Geology, 6th edition.

McGraw Hill Book Co., Inc., New York. Toronto, London.

Leverson, A.I., 1933.

Studies in Paleogeology

Am. Asso. Petrol. Geol. Bull., Vol. 17, pp. 1107-1132.

Matthews III, W.H., 1964.

Fossils, An Introduction to Prehistoric Life

Barnes & Noble, Inc. New York.

Miller, M., 1970.

Mechanical Well Logging Methods

Virginia Minerals, Vol. 16, No. 4.

Mintz. L. W., 1977.

Hitorical Geology

Charles E. Merrill Publishing Co., Columbus, Ohio,

Monroe, J. S. and Wicander, R., 1997.

Physical Geology West Publ. Co., St. Paul, MN. V.S.A.

Owen, R.M.S. and Nasr, S.N., 1958.

The Stratigraphy of the Kuwait- Basrah Area

In: Weeks, G.L., (ed.), Habitat of Oil a Symposium, Amer. Ass. Petrol. Geol. Tulsa, pp. 1252- 1278.

Pirson, S. J., 1963.

Handbook of well Log Analysis

For Oil & Gas Fn. Technique

Prentice Hall Inc.

Pollock C., Rexford. C.B, and Nicoll. R., 1970.

Lower Silurian Conodonts From Northen

Michigan & Ontario.

Journal of Paleontology, V. 44, No. 4, pp. 743- 764.

Sarton, G., 1959.

Introduction to the History of Science.

Volumes I & II Cambridge, Mass Harvard Univ. Press

Schlumberger Services Technique Schlumberger, 1972.

The Essentials of log interpretation practice

Printed in France.

Shlumberger Well Surveying Corporation, 1959.

Introduction to Schlumberger Well

Logging, Document No.8.

Tarbuck E., J., & Lutgens, F.K., 1982

Earth Science 3 ed edition

Charles E. Merrill Publishing Co., A Bell & Howell Co.,

Columbus Ohio.

Treatise on Invertebrate Paleontology

Part C, Edited by R.C. Moore, 1964.

Weller, J.M. 1960.

Stratigraphic principles and practice

New York, Harper & Brothers.

(Monroe & Wicande 1992 المصدر)

Monroe James S. and Wicander R., 1992. Physical Geology.

West publishing Co., St. Paul, MN., U.S.A.

(Salaj, 1986 المصدر)

Salaj, J., 1986. The Cretaceous Paleocene Sections of Tunisia Proposed as the Hyspostratotypes and their Correlation with Planktonic Zones of Libya.

(المصدر السنوي وآخرون 1979)

السنوي سهل، الراوي يحيى، النجدي أحمد. عطية محمد والأنصاري نضير، 1979 الجيولوجيا العامة ـ الطبيعية والتاريخية ـ 637 صفحة، إصدار جامعة بغداد.

(Jiang & Garter, 1986 المصدر)

Jiang, M.J. and Gartner, S., 1986.

Calcarous nannofossil succession across the Cretaceous\ Tertiary boundary in east-central Texas. Micropaleontology, Vol. 32, No.3, pp. 232-255.

(Belabger & Berggren, 1986 المصدر)

Belanger.P.E. and Berggren, W.A., 1986.

Neogene benthic foraminifera of the Hatton-Rockall Basin. Micropaleontology, Vol. 32, No.4 pp. 324-356, pls, 1-7.



المعجم

A

Abundant	وافر
Abyssal	أبيسال، أعماق كبيرة
Accessory Minerals	معادن ثانوية
Acme-Zone	نطاق ذروة، قمة
Age	عمر
Alluvial	فيضية
Anaerobic	خالية من الأوكسجين
Angular Unconformity	عدم توافق زاوي
Aphotic	خالية من الضياء
Aqueous	مائي
Assemblage-Zone	نطاق ـ تجمع
Atoms	ذرات
Atmosphere	غلاف غازي (هوائي)
Authigenic Minerals	معادن ذات منشأ معاصر

B

Bank	حواجز واطئة
Bar	قضيب

Bathyal	باثيال، أعماق
Bathymetric	قياس الأعماق
Bathypelagic	البحرية العميقة
Bed	طبقة
Benthonic	قاعية
Biblical Flood	طوفان نوح
Biocoenoses	مشتركة
Biofacies	سحنة حياتية
Biolevels	مستويات حياتية
Bioseries	سلسلة حياتية
Biosome	كتلة حياتية
Biosphere	غلاف حياتي
Biostratgiraphy	علم الطبقات الحياتية
Biozone	نطاق حياتي
Bits	لقم
Buried	مدفون
Book of Genesis	سفر التكوين
Boulders	جلاميد
Boundary Stratotype	حدود المقاطع النموذجية
Brachiopods	عضديات الأرجل
Bryozoa	الطحلبيات

C

Cable tool	حفر مطرقي
Carnivorous	مفترسة
Cased	مبطنة
Cave (Spelean)	كهف
Cellular	خلوي

Cenozoic	الحياة الحديثة. الحيوانات الحديثة
Cephalopods	الرأسقدميات
Channel	قناة
Chert	صوان، جرت
Chrono-	بادئة معناها زمن
Chronostratigraphic Unit	وحدة طباقية زمنية
Chronozone	نطاق زمني
Circa	بادئة معناها حوالي أو تقريباً
Clay	طين
Clay Minerals	معادن طينية
Class	صف، صنف
Cleavage	انفصام
Coagulated	تجمع
Cobbles	جلاميد صغيرة
Code of Stratigraphic Nomenclature	قواعد التسمية الطباقية
Column	عمود
Common	شائع
Compass	بوصلة
Composition	مكونات
Concretion	تصلبات
Councurrent - Range - Zone	نطاق ـ مدى ـ مشترك
Conductivity	توصيل
Conformable Relationship	علاقة توافقية
Consecutive - Range - Zone	نطاق ـ مدى ـ متعاقب
Continental	قاري
Continental shelf	الرصيف القاري
Core	لباب
Correlation	مضاهاة

Cosmic radiation	الأشعة الكونية
Counter	عداد
Criteria	دليل، معيار
Cross- Bedding	تطبق متقاطع
Current loops	أحزمة تيار
Cutting	فتات

D

Datum Plane	مستوى مرجعي
Delta	دلتا
Deltaic	دلتاوي
Desert	صحراء
Detector	جهاز التقاط، كشف
Diachronous	مختلفة العمر
Differential Thermal Analysis	تحليل الحرارة التفاضلية
Dip needle	إبرة الميل
Dolomitization	تدلمت، تحول إلى دولومايت

E

Ecology	بيئة
Eddy Current	تيار دوامي (دائري)
Electrical	كهربائي
Electrical log	سجل كهربائي
Electrode	قطب
Eolian	ترسبات ريحية
Eon	إيون، أبد
Epeirogenic	الحركات القارية
Epi-	بادئة معناها سطحي

Epibole	نطاق ذروة
Epoch	حين
Era	دهر
Erosional Vacuity	فراغ تعرية
Euryoterids	عقارب البحار
Evaporites	متبخرات
Evolition	تطور
Evolutionary-Zone	نطاق تطوري
Exfoliation	تقشر

F

Fault	فالق
Fence	سياج
Fence diagram	مخطط سياج
Formation	تكوين
Fossils	أحافير
Field Geology	جيولوجيا حقلية
Flourescent X-Ray	الأشعة السينية الوميضية
Fluvial	نهري

G

Galvanometer	جهاز تسجيل الكهربائية
Gastropods	قواقع
Genus	جنس
Geomagnetic reversals	انعكاسات مغناطيسية الأرض
Glacial	جليدي
Glaciation	تقدم الثلاجات
Generator	مولد

Geochronologic Units	وحدات الزمن الجيولوجي
Geologic Climate Units	وحدات المناخ الجيولوجي
Geologic Time Units	وحدات الزمن الجيولوجي
Gradation	تدرج
Granite	جرانيت ـ صخور نارية
Granules	حبيبات
Graphia	الكتابة
Graptolites	خطيات
Group	مجموعة

H

Hadal	هدال، أعماق سحيقة
Half life	نصف العمر
Hammer	مطرقة
Hand lense	عدسة يد، عدسة صغيرة
Heavy Minerals	معادن ثقيلة
Hiatus	فجوة، ثغرة
Hourglass	ساعة رملية
Hydrosphere	الغلاف المائي

I

Induced	مستحث
Igneous	ناري
Index Fossil	أحفورة دالة
Infra-	بادئة معناها تحت أو أدنى
Interglaciation	الفترة بين الجليدية
Intertonguing	تلاسن
Interzone	نطاق بيني

Intrazone	نطاق ضمني
Isochronous	بعمر واحد، متماثل العمر

K

Key bed	طبقة دالة، الطبقة المفتاح

L

Lacustrine	بحيرية (بحيرات)
Lagoon	لاغون، مستنقع بحري، بحيرة ساحلية
Laterolog	سجل جانبي
Lava	بركاني
Law of faunal & floral Succession	قانون تعاقب مجاميع الحيوانات والنباتات
Layer	طبقة
Leaked Fossils	أحافير متسربة
Legend	مفتاح الرموز
Lentil	عدسة
Lexicon	معجم كلمات مع معانيها
Lineage - Segment - Zone	نطاق ـ قطاع ـ النسل
Lineage - Zone	نطاق ـ تطور، نطاق ـ نسل
Lithology	صخري
Lithosome	مجاميع صخرية متداخلة
Limestone	حجر جيري
Lithostratigraphic Unit	وحدة طباقية صخرية
Lithosphere	غلاف صخري
Littoral	ساحل، ساحلي
Local	محلي، موضعي
Local - Range - Zone	نطاق ـ مدى ـ محلي
Low tide	الجزر

M	
Microlog	سجل دقيق
Mini Zone	نطاق صغير
Mold	قالب
Moment	لحظة
Mollusca	الرخويات
Molting (Ecdysis)	انسلاخ
Morains	ركام (ترسبات الثلاجات)
Mud Cracks	التكسرات الحمئية
Mutation	طفرة
Magnatometer	قياس المغناطيسية
Magnetic electrostatic	الكهربائية الثابتة المغناطيسية
Magnetic shield	الدرع المغناطيسي
Marine	بحري
Marker	دال
Marker Horizon	مستوى دال
Marker Units	وحدات دالة
Marshes	مستنقعات
Mechanical log	سجل ميكانيكي
Member	عضو
Meso-	بادئة معناها وسط ، وسطي
Mesozoic	حياة وسطية ، متوسطة
Metamorphic	متحولة

N	
Natural gas	غاز طبيعي
Natural Selection	الاختيار الطبيعي
Nektonic	سابحة

Neritic (Sublittoral)	نريتية (تحت الساحلية)
Neptune	نبتون ـ آلة البحر عند قدماء الرومان
Neptunism Hypothesis	الفرضية المائية
Neptunists	المائيين
Neutron log	سجل نيوترون
Noachian Deluge	فيضان نوح
Nonconformity	اللاتوافق، عدم التوافق المتباين
Nuclei	نويات

O

Offlap	التنحي
Offspring	ذرية، نسل
Oppel- Zone	نطاق ـ أوبل
Order	رتبة
Oscillator Coil	ملف مُذَبْذِب
Outcrop	مكشف صخري
Overlap	تداخل، اعتلاء
Overlap- Range- Zone	نطاق ـ مدى ـ متداخل

P

Pad	وسادة
Paleo-	بادئة معناها قديم
Paleoclimatic Changes	تغيرات مناخية قديمة
Paleoecolgy	بيئة قديمة
Paleontology	علم الأحافير
Paleozoic	حياة قديمة
Parastratigraphic units	الوحدات المماثلة للوحدات الطباقية. الوحدات شبه الطباقية
Partial - Range- Zone	نطاق ـ مدى ـ جزئي

Peak Zone	نطاق قمة
Pedology	العنق
Pedicle	علم التربة
Pelagic	بحري، البحر المفتوح
Pelecypods	محاريات
Period	عصر، فترة
Permeable	نفاذ
Petrography	علم وصف الصخور
Phanerozoic Eon	أبد الحياة الظاهرية
Photic	ضوئية، بها ضياء
Phylogenetic Zone	نطاق تطور السلسلة
Phylozone	نطاق تطور، نطاق نشوء
Physical	فيزيائي، مادي، طبيعي
Phylum	شعبة
Pinch out	تضيق
Planktonic	طافية
Pluto	بلوتو، آلة باطن الأرض
Plutonism Hupothesis	الفرضية الباطنية
Polarity reversal	انعكاس قطبي
Porosity	مسامية
Primary	أولي
Primeval Ocean	المحيط الأولي
Primitive	بدائي
Protozoa	أحادية الخلية، بروتوزوا

Q

Quantitative Spectroscopic	الطيفي الكمي
Quaternary	رباعي

R

Radiometric dating	تقدير العمر بالمواد المشعة
Range- Zone	نطاق مدى، امتداد
Rapid Method	الطريقة السريعة
Rare	نادر
Receiver Coil	ملف استلام
Reef	حاجز، حيد
Reference Section	مقطع مرجعي
Regional	إقليمي
Regression	تراجع
Resistivity	مقاومة
Resistivity log	سجل المقاومة
Reworking	إعادة نقل
Ripple- marks	القيم
Rotary drilling	الحفر الرحوي، الحفر بالدوران

S

Sample	نموذج
Sand	رمل
Scanning Electron Microscope	المجهر الماسح الالكتروني
Secondary	ثانوي
Section Gauge	مقياس المقطع
Sedimentary	رسوبـي
Sedimentation	ترسيب
Selctive dissolution	ذوبان انتقائي
Series	سلسلة
Sessile	لاطئة، ثابتة
Shale	طفل

Signal	إشارة
Soil	تربة
Soil profile	قطاع تربة
Sond	مسبار
Species	نوع
Spectro-	بادئة معناها طيف
Spetrochemical	الطيف الكيميائي
Spectrographic	التشخيص بالطيف
Spontaneous Potential (SP) (Self Potential)	الجهد الذاتي
Stage	مرحلة
Stalactite	ستلاكتايت، الهوابط
Stalagmite	ستلاكمايت، الصواعد
Stratified	مطبقة
Stratigraphy	علم الطبقات
Stratum	طبقة
Sub-	بادئة معناها تحت، أدنى
Subaequeous	تحت الماء
Subgroup	تحت المجموعة
Subtropical	شبه مداري
Subzone	تحت نطاق
Supergroup	فوق المجموعة
Superposition	التعلي
supplementary	تكميلي، إضافي
Swamp (Paludal)	أهوار
System	نظام

T

Taxa	مصنفات
Taxon	مصنف
Taxonomy	تصنيف
Teil Zone (Topozone)	نطاق مدى محلي (موضعي)
Tertiary	ثلاثي (ترشري)
Terrestrial	أرض، أرضية
Thanatocoenosis	مشتركة الموت
Thermal Motion	الحركة الحرارية
Time	زمن
Time-correlation	مضاهاة زمنية
Time Unit	وحدة زمنية
Tongue	لسان
Topozone	نطاق مدى محلي (موضعي)
Trace	أثر
Transgression	تقدم
Transitional	انتقالي
Transitional Series	سلسلة انتقالية
Transmitter Coil	ملف إرسال
Traverse	مقطع
Turbidity Currents	تيارات العكرة
Type	مثال، نموذج
Type area	منطقة نموذجية
Type locality	موقع نموذجي
Type Section (Stratotype)	مقطع مثالي (نموذجي)
Type Specimen	نموذج مثال
Typical	مثالي

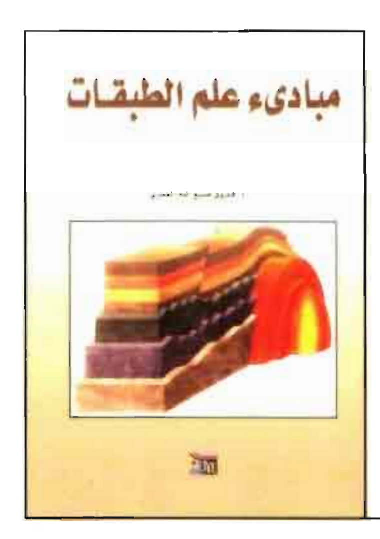
U	
Unconformable	غير متوافق
Unconformity	عدم توافق
Uniformitarianism	الوتيرة الواحدة

V	
Vagrant	جَوَّالة، تتحرك فوق القاع
Volcanic	بركاني

W	
Well	بئر
Well log	سجل بئر
Winch	رافعة، ونش

Z	
Zone	نطاق
Zone of Mammals	نطاق اللبائن
Zone of Reptiles	نطاق الزواحف
Zonule	نُطَيق

المحتويات



مبادىء علم الطبقات

يضم علم الطبقات قسمين رئيسيين من العلوم: الأول يتعلق بدراسة الطبقات من الناحية الفيزيائية ويشتمل على دراسة المكونات الصخرية، والثاني يتعلق بدراسة الجوانب البيولوجية للطبقات، ويشتمل على دراسة الأحياء القديمة ونشأتها وتطورها وما خلفته في الصخور بشكل أحافير. وإذا كان الأول يكشف لنا عن الصخور التي تحتوي على نسبة عالية من مصادر الطاقة، كالنفط، والفحم، والمعادن كالفوسفات والكبريت وغيرها، فإن الثاني يساعدنا في تحليل الأحداث التي وقعت قبل ملايين السنين وتقدير الأحداث الجيولوجية الماضية.



أوتوستراد شاتيلا الطيونة، شارع هادي نصر الله بناية فرحات وحجيج طابق 5
خليوي: 03/933989 - هاتف وفاكس 00961/1/542778

توزيع: دار أويا للطباعة والنشر والتوزيع والتنمية الثقافية - زاوية الدهماني - السوق الأخضر
هاتف: 3338571 - 4449903 - 00218.21/4448750 فاكس: 00218.21/4442758
ص.ب: 13498 طرابلس - الجماهيرية العظمى

ISBN 99-5929-011-5
9789959290113